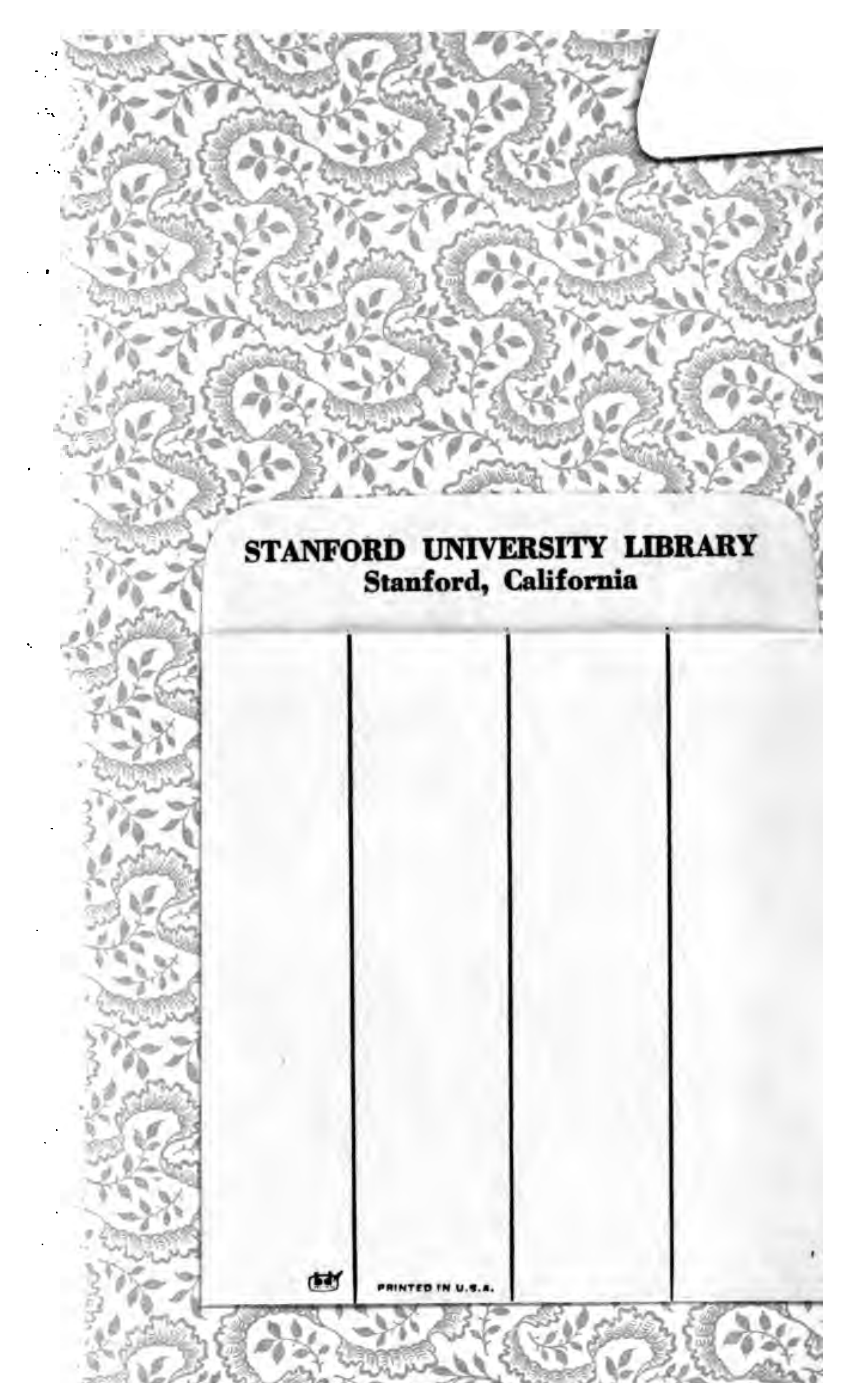



STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
Stanford, California
PRINTED IN U.S.A.

IN SACHEN

DER

PSYCHOPHYSIK

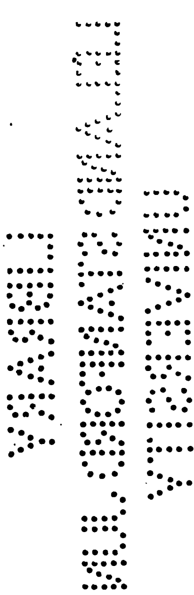
VON

GUSTAV THEODOR FECHNER.

LEIPZIG,

DRUCK UND VERLAG VON BREITKOPF UND HÄRTEL.

1877.



Vorwort.

Wohlan, nachdem meine, im Jahre 1860 erschienenen »Elemente der Psychophysik«, abgesehen von einigen Puncten, von denen sich vielleicht nicht absehen liess, durch die, seitdem von allen Seiten darauf erfolgten, Angriffe als abgethan gelten können, die zum Ersatz dargebotenen Ansichten der Gegner aber durch ihre Zerstreutheit sich einer leichten Uebersicht und Vergleichung entziehen, theile ich dieselben folgends so weit und in solcher Zusammenstellung mit, dass eine Wahl dazwischen behufs einer neuen Grundlegung der Psychophysik getroffen werden kann; suche jedoch zugleich in der Voraussicht, dass die Wahl zwischen so mannichfachen, einander nicht minder als jenem ersten Versuche widersprechenden, Ansichten schwer fallen wird, die Ueberlegung anzuregen, ob es nicht schliesslich vorzuziehen sei, zu den meinigen zurückzukehren, und wende mich dazu meinerseits nach allen Seiten. Das ist, kurz gesagt, wenn etwas scherzhaft ausgedrückt, doch ernsthaft verstanden, der Inhalt und die Absicht dieser Schrift. Näher spricht sich hierüber der folgende Eingang aus, indess das Resumé den Inhalt und die Ergebnisse kurz zusammenfasst, wonach ich hier nur noch einige, die Schrift betreffende, Aeusserlichkeiten vorzubemerken finde.

Wohl schon eher wäre es, bei so mancher Anregung dazu, zur Herausgabe dieser Schrift gekommen, hätte nicht erst die Beschäftigung mit der Herausgabe einer andern Schrift (Vorschule der Aesthetik), dann wiederholt rückfälliges Augenleiden es verhindert. Auch jetzt aber, nachdem einige glücklich vollzogene Augenoperationen mir einen Wiederbeginn literarischer Thätigkeit gestattet haben, muss ich in der Schwierigkeit, mit den doch schwach und reizbar gebliebenen Augen der ganzen hier einschlagenden Literatur zu folgen, eine Entschuldigung suchen, wenn ich diess oder das übersehen haben sollte, was eigentlich mit zu berücksichtigen war. Wichtige Puncte dürften mir doch nicht entgangen sein, und das jetzt Uebersehene sich in einem, diesem ersten Hefte vielleicht noch nachzuliefernden, zweiten nachtragen lassen.

Fraglich zwar, ob es nach der Sachlage meines Alters und des Zustandes meiner Augen noch zu einem solchen kommen wird. Sollte es der Fall sein, so wird dasselbe ausser Nachträgen jener Art und der Berücksichtigung von Gegenbemerkungen gegen die Ausführungen vorliegenden Heftes, woran es die Gegner schwerlich fehlen lassen werden, manche, von früher her zurückgestellte, Versuchsreihen über extensive und Gewichtsempfindlichkeit (vergl. S. 189) mit Bemerkungen über die Massmethoden bieten.

Hienach nur noch Folgendes über die Einrichtung des Textes der jetzigen Schrift.

Da aus sachlichen Gründen der Inhalt nicht nach den Autoren, auf welche darin Bezug zu nehmen war, geordnet werden konnte, so werden die Ueberschriften über den einzelnen Abschnitten und das Namenregister am Schluss erleichtern zusammenzufinden, was jeden insbesondere angeht. Dass die ganze Schrift nicht einen einheitlichern Charakter annehmen konnte, als den sie wirklich darbietet, bedaure ich; aber, um ihr einen solchen zu ertheilen, hätte ich blos e i n e n Gegner

oder einen Hauptgesichtspunct gegenüber haben müssen. Nach einigen, in die Schrift überhaupt einführenden, Abschnitten habe ich die Betrachtung der dringendst scheinenden Einwürfe vorangestellt, um in den spätern Abschnitten mit den Gegnern über ihre eigenen Ansichten zu verhandeln (in so weit nicht schon das im 4. Abschnitt Gesagte hinreichend schien), und die jetzige experimentale Sachlage des Weberschen Gesetzes darzulegen.

Runde Klammern innerhalb wörtlicher Citate bedeuten folgends Einschaltungen Seitens der Autoren selbst, eckige solche, welche von mir eingeschoben sind. — Mit p. verweise ich auf Seitenzahlen in Schriften der Autoren, mit S. auf solche in dieser Schrift selbst. — Hinsichtlich der Paginaverweisungen beim Namen von Autoren ohne Beifügung ihrer Schrift oder Abhandlung berücksichtige man die Bemerkung auf S. 14. — Meine »Elemente der Psychophysik« bezeichne ich in Verweisungen durch »Elem.« — »Psychophysisch« ist im Texte mehrfach durch ps.-ph. und »Empfindung« durch E. abgekürzt worden.

Inhalt.

I. Eingang.

Man hat früher allgemein angenommen, dass sich zwar Unterschiede in der Stärke von Empfindungen durch innere Wahrnehmung finden lassen, dass es aber principiell kein eigentlich psychisches Mass gebe, ein solches nämlich, dass man von einer Empfindung sagen könne, sie sei so- oder sovielmal so stark, als eine andere. Inzwischen habe ich in meinen Elementen der Psychophysik (I. 54 und allgemeiner II. 191) zu zeigen gesucht, dass, wenn schon es unmöglich ist, ein solches Mass durch innere Superposition von Empfindungen in ähnlicher Weise zu gewinnen, als man äusserlich die Länge eines Stückes Zeug durch die Elle misst, doch ein solches auf das Abhängigkeitsverhältniss der Stärke der Empfindung von der Stärke des Reizes, der die Empfindung auslöst, gegründet, und solchergestalt die innere Empfindung durch eine äussere Elle gemessen werden kann. Es würde diess sogar ganz einfach sein, wenn man die Stärke der Empfindung der Stärke des Reizes einfach proportional annehmen könnte, was sich aber bei näherer Untersuchung unmöglich zeigt; indess reicht es hin, das Abhängigkeitsverhältniss zwischen beiden zu kennen, um nach den Massverhältnissen des Reizes die der Empfindung zu bestimmen. Diess ist der Cardo rei für die Gewinnung des psychischen Masses.

Ich habe die Principien und Versuchsregeln besprochen, welche zur Bestimmung dieses Abhängigkeitsverhältnisses führen können, und theils nach fremden, theils eigenen, in Bezug dazu angestellten Versuchen Gesetze und Formeln, unter welche sich diess Abhängigkeitsverhältniss fassen lässt, aufgestellt.

Nun bietet sich leicht die Betrachtung dar, dass der äussere Reiz, der eine Empfindung auslöst, diess nicht direct, sondern da-

durch thut, dass er eine körperliche Thätigkeit, ich nenne sie die psychophysische, in unserm Nervensysteme auslöst, von welcher die psychische Thätigkeit der Empfindung in unmittelbarer Abhängigkeit steht. Könnte man nun die durch den Reiz ausgelöste psychophysische Thätigkeit ihrem Masse nach dem Reize selbst seinem Masse nach proportional setzen, oder auch irgend ein andres Verhältniss als das der einfachen Proportionalität zwischen beiden gültig finden, so würden jene Gesetze und Formeln erstenfalls unmittelbar zugleich für das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit gelten, zweitenfalls doch auf dasselbe zu schliessen gestatten, hiemit, abgesehen vom Masse der Empfindung, ein wichtiger Beitrag, ja erster Angriffspunct für eine exacte Lehre von den unmittelbaren Beziehungen zwischen Leib und Seele nach quantitativer Seite gegeben sein, und dieser um so wichtiger und tiefer eingreifend in Psychologie von einer Seite, Physiologie von andrer Seite, und selbst in die Philosophie sein, wenn sich jene Gesetze und Formeln, welche für sinnliche Empfindung in Bezug zu der unterliegenden körperlichen Thätigkeit gelten, ihre Anwendbarkeit noch höher hinauf erstrecken sollten. Und so hoch auch eine psychische Thätigkeit aufsteigen mag, giebt doch die Intensität der Bewusstseinsthätigkeit, die überhaupt darin verwandt wird, wie die Helligkeit der Bilder, mit denen selbst die höchste Bewusstseinsthätigkeit noch spielt, einen Angriffspunct für die Frage nach Massbeziehungen zwischen der psychischen und physischen Seite, die in Bezug auf die Phänomene der Erinnerung und Aufmerksamkeit bis zu gewissen Grenzen von mir behandelt worden ist.

Das Vorige vorausgeschickt, verstehe ich unter »Psychophysik« überhaupt eine exacte Lehre von den Beziehungen, vorzugsweise Massbeziehungen*) zwischen der geistigen, psychischen und materiellen, körperlichen, physischen Seite der Existenz, eine exacte insofern, als sie auf Beobachtung, Experiment und mathematischer Verknüpfung der Thatsachen fusst, kurz die gleiche Methode mit andern, als exact geltenden, Lehren einhält. Freilich sind ihre Resultate bis jetzt nicht zu gleicher Sicherheit gediehen, als die

*) Die Beziehungen zwischen Qualität der psychischen und Form der physischen Phänomene sind zwar nicht principiell von der Psychophysik ausgeschlossen, doch bis jetzt wenig untersucht.

der Mechanik, Physik, Chemie, wie das Folgende nur zu sehr beweisen wird, und selbst der Physiologie mag sie in dieser Beziehung nachstehen, was an grossen, ihr eigenthümlichen Schwierigkeiten hängt, die aber, anstatt eine exacte Methode auszuschliessen, vielmehr alle Kräfte derselben zur Ueberwindung herausfordern, indess man in philosophischer Behandlung desselben Gebietes seither ganz von einer solchen Methode abgesehen hat.

Es theilt sich aber die so verstandene Psychophysik in zwei Haupttheile, die ich als äussere und innere Psychophysik unterscheide, deren erste von den Beziehungen zwischen den psychischen Phänomenen und äusseren Anregungsmitteln derselben, sogenannten Reizen, handelt, die andere aber von den Beziehungen der psychischen Phänomene zu den inneren, sogenannten psychophysischen, körperlichen Thätigkeiten, die ihnen unmittelbar unterliegen. Die erste fusst hauptsächlich auf Experimenten, die andere zieht unter Mitzuziehung anatomischer, physiologischer und psychologischer Thatsachen Folgerungen aus der ersten.

Die von mir aus diesen allgemeinsten Gesichtspuncten in den »Elementen« entwickelten Principien, Gesetze und Formeln haben im Allgemeinen folgendes Schicksal erfahren. Sie haben in weiten Kreisen Aufmerksamkeit erweckt, und, abgesehen von manchen Philosophen, denen eine Psychophysik principiell nicht zusagen kann, hat man es beifällig aufgenommen, dass überhaupt versucht worden ist, auf exacterem Wege als bisher auf das Problem der Beziehung von Körper und Seele einzugehen. Auch wüsste ich nicht, dass dem von mir aufgestellten Princip psychischen Masses auf Grund des functionellen Verhältnisses zwischen Reiz und Empfindung, und tiefer gehend zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung, von denen, welche sich auf solche Forschung seitdem eingelassen haben, wäre widersprochen worden, da vielmehr selbst die, welche den von mir vertretenen Gesetzen und Formeln nicht oder nur theilweise zustimmen, doch in Aufstellung ihrer eigenen Massformeln dasselbe Princip in Anwendung bringen.*) Und da sich auf die Möglichkeit solchen

*) Eine Ausnahme hievon möchte doch Hering machen; denn obwohl er bisher keinen Widerspruch gegen das von mir aufgestellte Princip psychischen Masses direct erhoben hat, scheint mir doch ein solcher in seiner, von

Masses die Möglichkeit einer Psychophysik selbst begründet, der Name dieser Wissenschaft erst damit entstanden und seitdem in ziemlich allgemeinem Gebrauch ist, auch einer mathematischen Psychologie das bisher vermisste psychische Mass geboten wird, so könnte ich schon zufrieden sein, wenn sich von meiner ganzen Psychophysik nur diess Princip mit der sich daran knüpfenden Bearbeitung experimentaler Methoden halten liesse; womit aber doch keineswegs das Ganze gehalten ist.

Die Triftigkeit des von mir aufgestellten psychischen Massprincipes zugestanden, nimmt nämlich das Mass selbst eine verschiedene Form und einen verschiedenen Werth an, je nachdem man für das functionelle Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung in der äusseren Psychophysik verschiedene Gesetze und Formeln unterlegt, und stellt sich die Beziehung zwischen geistiger und leiblicher Seite in uns selbst verschieden dar, je nachdem man das functionelle Verhältniss zwischen beiden verschieden fasst, indem man in verschiedener Weise von der äusseren zur inneren Psychophysik übergeht. In beider Beziehung aber habe ich wohl mehr von gegnerischer als zustimmender Beurtheilung der von mir aufgestellten Ansichten, Gesetze, Sätze und Formeln zu sprechen; ja es sind von so vielen Seiten und aus so mannichfachen, theils theoretischen, theils experimentalen Gesichtspuncten Einwürfe dagegen erhoben worden, dass danach von meinem ganzen, mühsam errichteten, psychophysischen System so zu sagen kein Stein mehr auf dem andern bliebe.

Abgesehen von einem, schon am Schlusse meiner Elemente in einem Nachtrage berücksichtigten, Einwurfe von Helmholtz sind mir überhaupt mehr oder weniger tief greifende Einwürfe bekannt geworden Seitens Aubert, Mach, Bernstein, Plateau, Delboeuf, Brentano, Hering, Langer. Die viel-

---

der meinigen gänzlich verschiedenen, Grundauffassung der psychophysischen Verhältnisse indirect begründet, und in der Weise, wie er die Lichtempfindung behandelt hat, sich schon auszusprechen, ohne dass sich jedoch vor Erscheinen der, von ihm in Aussicht gestellten, Fortsetzung seiner psychophysischen Untersuchungen ganz klar in dieser Hinsicht sehen lässt. In philosophischen Schriften mag wohl mancher Widerspruch gegen mein psychisches Massprincip erhoben sein, der mir entgangen ist, weil ich der neueren philosophischen Literatur wenig gefolgt bin. Ueberhaupt aber fallen philosophische und psychophysische Forscher bis jetzt noch wenig zusammen.

seitigsten und vielleicht scheinbarsten rühren jedenfalls von Hering her, und haben nicht verfehlt, theils wegen der achtbaren Autorität ihres Urhebers, theils wegen ihres Scharfsinnes, theils wegen der Entschiedenheit, mit der sie ausgesprochen sind, grossen Eindruck zu machen. Die von mir als fundamental aufgestellten Gesetze sind hiernach nicht nur a priori unwahrscheinlich, sondern auch unrichtig aus den Thatsachen gefolgert, sind erweislich falsch, ja, wären sie richtig, so würden sie eine verwirrte und vernünftiger Teleologie widersprechende Auffassung der Aussenwelt begründen. Die Sache ist von Grund aus anders anzufassen. Langer, welcher die Reihe der mir bekannten Gegner schliesst, giebt Hering an Fülle und Schärfe der Einwände wenig nach; und Delboeuf kommt zwar schliesslich zu einer, mit der meinigen in der Form ganz gleichen, in der Bedeutung aber ganz verschiedenen, Massformel, und fasst die, in seiner ersten Abhandlung (der Étude) erhobene Opposition in der dritten (der Revue p. 241) selbst wie folgt zusammen: »Das Fechner'sche Gesetz [Massgesetz] ist aus mathematischem Gesichtspuncte unhaltbar. Es führt absurde Folgerungen mit sich, und die Weise, wie es festgestellt (établie) ist, gewährt dem Geiste keine deutliche Vorstellung, was die Quantität einer Empfindung sein kann, mithin auch nicht, wie sie durch eine Zahl repräsentirt werden kann« u. s. w.

Nach all' dem kann ich meinen Hauptgegnern nur dankbar sein, und statte ihnen diesen hiermit ab, wenn sie doch insgemein die Opposition gegen meine Lehre mit wohlwollenden Ausdrücken eingeleitet haben; und insbesondere fühle ich mich Brentano und Hering dafür verpflichtet, dass sie in einer Correspondenz, die ich mit ihnen über ihre Einwürfe geführt, meinem Streben, die Discussion in den Grenzen rein wissenschaftlicher Controverse zu halten, in freundlichster Weise entgegengekommen sind.

Wie aber stelle ich mich nun meinerseits der ganzen Fluth zum Theil sachlich vernichtend scheinender Einwürfe gegen die von mir vertretene Lehre gegenüber? — Ich meine doch nicht, dass es danach so schlimm um dieselbe steht, als es für den ersten Anblick scheinen möchte. Ja, um der Entschiedenheit meiner Gegner eine, wenn auch etwas bescheidnere, Entschiedenheit entgegenzusetzen, so halte ich nach Erwägung aller mir bekannt gewordenen Einwürfe diese Lehre in allen fundamentalen Puncten in so weit aufrecht, als ich darin die wahrscheinlichste sehe,

die sich bisher hat aufstellen lassen, und halte zugleich dafür, dass sich diess Verhältniss auch künftig nicht ändern wird. Mich noch entschiedener auszudrücken, hindern die grossen Schwierigkeiten der Lehre; aber ich finde sie bei jeder abweichenden Auffassung der fundamentalen Puncte grösser als bei der meinigen, und das Vertrauen in diese selbst ist bei mir dadurch gewachsen, dass ich es finde; was nicht hindert, den Scharfsinn mancher Einwände anzuerkennen — manche andere hätte man durch einige Ueberlegung sich und mir ersparen können — und Zugeständnisse nach einzelnen Beziehungen zu machen.

Setzen wir aber den Fall, dass meine Lehre, gegen die sich als den Ausgangspunct alles Streites bis jetzt noch so ziemlich aller Streit gerichtet hat, durch die dagegen erhobenen Einwürfe wirklich abgethan wäre, was würde die Folge sein? Dass die Gegner nun um so mehr gegen einander stritten, da ihre Lehren einander fast noch mehr als der meinigen widersprechen, von der doch fast alle nur mehr oder weniger nach verschiedenen Seiten ausgewichen sind. Man lese den vierten Abschnitt. Somit liefe die Psychophysik Gefahr, nachdem sie sich nur eben mit dem Namen einer exacten Lehre der Philosophie gegenüber gebrüstet, deren Zerwürfniss einfach zu theilen. Nun wäre es doch schön, wenn der neue Streit dadurch überflüssig würde, dass der erste sich als überflüssig erwiese, d. h. sich zeigen liesse, dass kein zulänglicher Grund besteht, die Grundansichten, auf die sich der erste Aufbau der Lehre gestützt hat, zu verlassen.

In Richtung hierauf ist diese Schrift geschrieben und in diesem Sinne nehme ich den Streit mit den Gegnern auf, jedoch dabei verzichtend, auch auf den Streit zurückzukommen, in dem ich mich über die allgemeinsten Puncte der Lehre von den Beziehungen zwischen Leib und Seele mit dieser oder jener philosophischen Richtung und zumeist mit der herrschenden Ansicht befinde. Man ist geneigt, eine Beseelung nicht über Menschen und Thiere hinaus zuzulassen. Man löst die psychischen Thätigkeiten von einem gewissen Puncte an los von der physischen Unterlage. Man meint, die Seele sitze in einem einfachen Puncte des Gehirns. Ich bin in allen diesen Puncten andrer Ansicht; glaube aber, in einigen Kapiteln meiner Elemente und meinen philosophischen Schriften schon genug darüber gesagt zu haben, genug auch, um zu beweisen, wie weit meine Ansichten von materialistischen und irreligiösen ab-

weichen. Die Tragweite und Gestaltung der Psychophysik ist zwar keineswegs unabhängig von den Ansichten über diese Puncte, sondern im Gegentheil; dennoch drängt es für jetzt nicht, näher darauf einzugehen, da diese Lehre nicht vom Allgemeinsten, sondern einigen sehr besondern Thatsachen und Gesetzen ausgeht.

Gegen manche der obengenannten Gegner habe ich mich übrigens schon früher öffentlich oder privatim ausgesprochen, so namentlich eingehend gegen Aubert in den Berichten der sächs. Soc. 1864 1 ff., vorläufig gegen Delboeuf in einer Anzeige seiner Étude psychophysique in der Jen. Lit.-Zeit. 1874 No. 28; ferner eingehend gegen Brentano und gegen Hering in einer Correspondenz, die ich in mehreren Schreiben mit ihnen geführt, um mich vor der öffentlichen Discussion so weit als möglich privatim mit ihnen zu verständigen. Da diess aber zu keiner erklärten Uebereinkunft geführt hat, so habe ich mich nun mit meinen Gegeneinwänden gegen ihre Einwände an das allgemeinere Publicum zu wenden; wobei ich hoffe, dass genannte Autoren keine Indiscretion darin finden werden, wenn ich auf einige, zur Vervollständigung ihrer Einwände dienende, schriftliche Aeusserungen derselben folgends mit Bezug nehme.

II. Von mir aufgestellte psychophysische Gesetze und Formeln, um deren Vertretung es sich hauptsächlich hier handeln wird, mit den dagegen aufgestellten Haupteinwänden.

1) Schwellengesetz (in Elem. I. 238 weniger passend als Thatsache der Schwelle bezeichnet) sagt aus, dass eine Empfindung so wie ein Unterschied zwischen Empfindungen nicht erst unmerklich für das Bewusstsein wird, wenn der Reiz oder Reizunterschied, von dem sie abhängen, auf einen Nullwerth der Einwirkung herabgekommen ist, sondern schon bei einem endlichen Werthe desselben für das Bewusstsein schwindet. Diesen endlichen Werth des Reizes oder Reizunterschiedes, welcher überstiegen sein muss, damit eine Empfindung oder Unterscheidung von Empfindungen stattfinde, nenne ich die Reizschwelle, respective Unterschiedsschwelle. Sofern es aber nach weiter folgenden Gesetzen nicht sowohl darauf ankommt, dass ein ge-

wisser absoluter Unterschied der Reize. sondern ein, zu den Reizen in gewissem Verhältniss stehender, kurz relativer Unterschied, oder, was damit zusammenhängt, ein gewisses Verhältniss der Reize überschritten werde, damit ein Unterschied der Reize bemerklich wird, kann man auch anstatt von einer Unterschiedsschwelle von einer Verhältnissschwelle der Reize sprechen. Wo nun der Reiz, relative Reizunterschied, das Reizverhältniss im vorigen Sinne auf, über oder unter der Schwelle ist, sagt man auch von der zugehörigen einfachen oder Unterschiedsempfindung, sie sei auf, über oder unter der Schwelle.

2) Webersches Gesetz (Elem. I. 134 ff., in II. 9 ff. für kleinere Unterschiede durch die Fundamentalformel repräsentirt), von mir so genannt, weil es zuerst in einer gewissen Allgemeinheit durch E. H. Weber ausgesprochen ist, bezieht sich auf die Abhängigkeit der Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse einer Empfindung von denen des sie auslösenden Reizes, und sagt aus, dass die Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse der Empfindung sich gleich bleiben, nicht, wenn die absoluten, sondern wenn die relativen Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse des Reizes sich gleich bleiben, indem man unter relativem Zuwuchs den absoluten Zuwuchs dividirt durch die Grösse des Reizes, zu dem der Zuwuchs erfolgt, versteht. Mathematisch hängt mit vorigem Gesetze das folgende zusammen, und kann daher gleichgeltend als Webersches Gesetz ausgesprochen werden: Der Unterschied zweier Reize erscheint für die Empfindung gleich gross, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt, mögen beide dem absoluten Werthe nach steigen oder sinken, wenn es nur eben in gleichem Verhältnisse geschieht.

3) Massgesetz der Empfindung (in Elem. II. 12 ff. durch die Massformel repräsentirt), auf mathematischem Wege aus dem Weberschen Gesetze und Schwellengesetze ableitbar, bezieht sich auf die Abhängigkeit der Empfindungsgrösse selbst von der Grösse des Reizes und sagt aus: dass die Grösse der Empfindung proportional dem Logarithmus des, durch seinen Schwellenwerth dividirten Reizes, oder, wenn man den Schwellenwerth als Reizeinheit nimmt, einfach proportional dem Logarithmus des Reizes, wovon die Empfindung abhängt, wächst. Sinkt der Reiz unter den Schwellenwerth, so nimmt die Empfindung (nach der Massformel) negative, von mir als unbewusst gedeutete, Werthe an.

4) Massgesetz des Empfindungsunterschiedes (in Elem. II. 89 ff., durch die Unterschiedsformel repräsentirt), sagt als reine Folgerung des vorigen Gesetzes aus, dass das Mass des Unterschiedes zweier Empfindungen proportional dem Unterschiede der logarithmischen Masse beider Empfindungen, mithin — da der Unterschied der Logarithmen zweier Grössen gleich dem Logarithmus des Quotienten beider Grössen ist —, dass es proportional dem Logarithmus des Quotienten beider Reize ist, wovon die Empfindungen abhängen.

Nun ist zu bemerken, und in Elem. II. 82 näher erörtert, dass ein Unterschied zwischen zwei Empfindungen bestehen kann, ohne dass er doch als Unterschied wahrgenommen wird, so, wenn die Empfindungen in verschiedene Menschen fallen, oder in demselben Menschen in so verschiedene Zeiten fallen, dass die erste vergessen ist, wenn die andere eintritt, oder nur auf die eine von beiden die Aufmerksamkeit gerichtet ist, oder endlich, wenn der Unterschied beider Reize zu klein ist. Um wirklich als empfundener Unterschied oder als Unterschiedsempfindung, auch Contrastempfindung von mir genannt, aufzutreten, müssen also noch besondere Bedingungen erfüllt sein, die für den blossen Unterschied zweier Empfindungen, kurz Empfindungsunterschied, nicht erfüllt zu sein brauchen, was dem folgenden Gesetze und der dasselbe ausdrückenden Formel Raum giebt.

5) Massgesetz der Unterschieds- oder Contrastempfindung (in Elem. II. 96 ff. durch die Unterschiedsmassformel repräsentirt), sagt aus, dass die Grösse oder Stärke der Unterschiedsempfindung, in so weit sie von dem Grössenverhältniss der Reize abhängt, das Uebrige also gleich gesetzt, proportional ist dem Logarithmus eines Quotienten, dessen Zähler durch das Verhältniss der beiden zu unterscheidenden Reizgrössen, dessen Nenner aber durch den Schwellenwerth dieses Verhältnisses, d. h. den Werth, bei welchem die Wahrnehmung des Unterschiedes verschwindet, und oberhalb dessen sie merklich erscheint, kurz durch die Verhältnissschwelle dargestellt wird.

Heisse allgemein eine Empfindungsgrösse γ, die Reizgrösse, wovon sie abhängt β, der Schwellenwerth des Reizes, bei dessen Uebersteigen die Empfindung erst merklich zu werden beginnt, b, und seien K, k Constanten, welche von der Grösse der Empfindung

und des Reizes unabhängig sind. Wo es mehrere Empfindungen und Reize zu unterscheiden gilt, geschehe es durch angehängte Strichelchen. Sei ferner kurz das Verhältniss zweier Reize $\frac{\beta}{\beta_{\prime}} = \varphi$, der Schwellenwerth dieses Reizverhältnisses v und die Grösse der Unterschiedsempfindung u, so drücken sich die vorigen Gesetze in folgenden Formeln aus:

1) Schwellenformeln:

$$b = \text{Const.}\,;\quad \text{v} = \text{Const.}$$

2) Fundamentalformel, zum Ausdruck des Weberschen Gesetzes für Empfindungsunterschiede, Aenderungen, Zuwüchse von geringer Grösse:

$$\partial\gamma = \frac{K\partial\beta}{\beta}$$

nach der einen Ausdrucksform des Gesetzes, wo $\partial\gamma$, $\partial\beta$ sehr kleine Aenderungen bedeuten; oder allgemein, für beliebige Empfindungs- und Reizgrössen

$$\gamma - \gamma_{\prime} = f\left(\frac{\beta}{\beta_{\prime}}\right)$$

wo f das allgemeine Functionszeichen bedeutet, nach der andern Ausdrucksform.

3) Massformel, zum Masse der Empfindungsgrösse γ:

$$\gamma = k^{*)} \log \frac{\beta}{b} = k\,(\log \beta - \log b)$$

oder, wenn man, was unter gewissen Bedingungen geschehen kann, $k = 1$ und $b = 1$ setzt, einfach

$$\gamma = \log \beta.$$

4) Unterschiedsformel, zum Masse der Grösse eines Empfindungsunterschiedes

$$\gamma - \gamma_{\prime} = k\left(\log \frac{\beta}{b} - \log \frac{\beta_{\prime}}{b}\right) = k \log \frac{\beta}{\beta_{\prime}} = k\,(\log \beta - \log \beta_{\prime})$$

---

*) Die Constante k fällt mit der Constante K der Fundamentalformel zusammen, wenn man sich natürlicher Logarithmen bedient, indess bei Anwendung gewöhnlicher Logarithmen $k = \frac{K}{M}$ ist, wenn mit M der Modulus des gemeinen logarithmischen Systems bezeichnet wird. Daraus, dass der Logarithmus eines ächten Bruches negativ ist, folgen negative Werthe von γ für Werthe von β, welche kleiner als der Schwellenwerth sind.

5) Unterschiedsmassformel, zum Masse einer Unterschieds- oder Contrastempfindung u

$$u = k \log \frac{\varphi}{\mathrm{v}} = k \log \frac{\beta}{\mathrm{v}\beta_{,}}$$

In Betreff der Ableitung und gegenseitigen Beziehung voriger Gesetze und Formeln mag zu den, in den Elementen gegebenen, Erläuterungen noch Folgendes bemerkt sein. Das Webersche Gesetz ist in Beziehung auf Empfindungsunterschiede ausgesprochen, aber die Versuche, auf die sich das Webersche Gesetz stützt, gehen direct nur auf empfundene Unterschiede oder Unterschiedsempfindungen im Sinne der obigen Unterscheidung (S. 9). Man ist jedoch berechtigt anzunehmen, dass die Empfindungsunterschiede sich gleich bleiben, wenn die empfundenen Unterschiede sich gleich bleiben und Alles, was ausser den Reizunterschieden mitbestimmend für die Unterschiedsempfindungen ist, sich gleich bleibt, worauf daher bei den Versuchen zur Begründung des Weberschen Gesetzes zu achten. Ohne diese natürlichste Voraussetzung, auf die im 5. Abschnitt Anlass sein wird bezüglich eines Einwandes zurückzukommen, wäre überhaupt von den Versuchen aus nicht zu einem Massgesetze der Empfindung zu gelangen. Während also das Webersche Gesetz in Beziehung auf Empfindungsunterschiede (in seinem Ausdrucke durch die Fundamentalformel) mit dem Schwellengesetze zusammen die mathematische Basis für die Ableitung der übrigen Formeln ist, ist es in seiner Beziehung auf die Unterschiedsempfindungen die experimentale Basis davon, indem man von seiner erfahrungsmässigen Gültigkeit in letzter Beziehung selbst erst auf seine Gültigkeit in erster Beziehung zu schliessen hat.

Je nach der einen oder andern Beziehung nun kann man von ihm aus unter Zuziehung der Schwellengesetze eben sowohl zur Massformel und damit solidarischen Unterschiedsformel als zur Unterschiedsmassformel wie folgt gelangen.

Die Fundamentalformel $\partial\gamma = K \frac{\partial\beta}{\beta}$ lässt sich als Ausdruck für das Webersche Gesetz, gleichgültig für beide Weisen der Beziehung, auch so schreiben

$$\partial\gamma' - \partial\gamma_{,} = K\left(\frac{\partial\beta'}{\beta'} - \frac{\partial\beta_{,}}{\beta_{,}}\right)$$

sofern jede Grösse, also auch $\partial\gamma$, mathematisch genommen durch eine Differenz zweier ihr gleichartiger Grössen ersetzt werden kann.

Diess giebt mit natürlichen Logarithmen:

$$\gamma' - \gamma_{,} = K \log \frac{\beta'}{\beta_{,}} + \text{Const.}$$

Man kann aber Const. für zwei verschiedene Fälle verschieden bestimmen. Erstens, indem man nach dem einfachen Schwellengesetze voraussetzt, dass $\gamma_{,} = 0$, wenn β den bestimmten endlichen Werth b hat, was die Massformel

$$\gamma' = K \log \frac{\beta'}{b}$$

giebt, und, sofern hiernach auch $\gamma_{,} = K \log \frac{\beta_{,}}{b}$ ist, als Unterschiedsformel giebt $\gamma' - \gamma_{,} = K \log \frac{\beta'}{\beta_{,}}$, welche rücksichtslos auf einen Vergleich beider Empfindungen für deren wirklichen Unterschied gilt; zweitens, indem man für den Fall, dass man beide Empfindungen ihrer Grösse nach vergleicht, also einen neuen Bewusstseinsact eintreten lässt, nach dem Gesetze der Unterschieds- oder Verhältnissschwelle voraussetzt, dass $\gamma' - \gamma_{,} = 0$, wenn $\frac{\beta'}{\beta_{,}} = \varphi$ einen bestimmten endlichen Werth v hat, was die Unterschiedsmassformel

$$\gamma' - \gamma_{,} = K \log \frac{\varphi}{v}$$

giebt. Durch Uebergang von natürlichen Logarithmen zu gemeinen verwandelt sich schliesslich (nach der Anmerk. S. 10) K in k.

Obwohl die vorigen Gesetze und Formeln für die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz, also für die äussere Psychophysik, ausgesprochen sind, ist doch ausdrücklich zu bemerken, dass sie sich für diese Beziehung, abgesehen von dem überall unverkennbaren Schwellengesetz, nur mit grösserer oder geringerer Annäherung, vorzugsweise in den Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches, bewähren; hypothetisch aber von mir als streng gültig für die Beziehung zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit, — so dass letztere für den Reiz in vorige Gesetze und Formeln substituirbar ist — hiemit als fundamental für die innere Psychophysik angesehen werden. In dieser ist der, auf die psychophysische Thätigkeit bezogene, Schwellenwerth als absolute Constante für eine gegebene Art von Empfindungen anzusehen, in der äussern Psychophysik aber der, auf den Reiz bezogene Schwellenwerth nur insofern als constant, als die Reizbarkeit sich constant erhält, d. h. als der Reiz bei gleicher Stärke auch immer die gleiche psychophysische Thätigkeit auslöst; wogegen nach Massgabe, als die Reizbarkeit sinkt, sich erschöpft, also durch den Reiz eine immer geringere psychophysische Thätigkeit ausgelöst wird, der Schwellenwerth des Reizes steigt, sofern der Reiz selbst immer mehr steigen muss, um die psychophysische Thätigkeit auf ihren constanten Schwellenwerth zu bringen, was gestattet, die Massformel auch zur Beurtheilung der Veränderungen der Reizbarkeit zu benutzen. Gründe mannichfacher Art, welche eine Abweichung von den aufgestellten Gesetzen bei Versuchen im Gebiete der äussern Psychophysik verschulden können, wovon

genug Gelegenheit sein wird zu sprechen, fallen überhaupt für die innere Psychophysik weg.

Insofern ich nun künftig überhaupt einen Unterschied zwischen experimentaler und fundamentaler Gültigkeit von Gesetzen und Formeln mache, ein Unterschied, der leider oft vernachlässigt wird, ist er dahin zu verstehen, dass die Gültigkeit in erstem Sinne auf Bewährbarkeit durch Beobachtungen oder Versuche in der äussern Psychophysik, in zweitem Sinne auf Richtigkeit für die innere Psychophysik zu beziehen ist.

Das Mass der Empfindung ist nicht mit einem Masse der Empfindlichkeit zu verwechseln. Als Mass der Empfindlichkeit für eine gegebene Art von Reizen gilt nach den Auseinandersetzungen in den Elementen (I. 45 ff.) der reciproke Werth des Reizes, der gleich merklich für die Empfindung erscheint, als Mass der absoluten Unterschiedsempfindlichkeit der absolute Reizunterschied, der gleich merklich erscheint, als Mass der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, je nachdem man es fassen will, der reciproke Werth des relativen Unterschiedes oder des Verhältnisses der Reize, deren Unterschied gleich merklich erscheint.

In soweit sich das Webersche Gesetz bestätigt, nimmt die absolute Empfindlichkeit mit Wachsthum des absoluten Reizunterschiedes immer mehr ab, indess die relative sich gleich bleibt.

Als Haupteinwände, welche sich gegen die Aufstellung der vorigen Gesetze und Formeln geltend gemacht haben, dürften folgende hervorzuheben sein.

1) Dass diese Gesetze und Formeln mit den Thatsachen nicht stimmen, sei es, dass sie unrichtig aus denselben abgeleitet sind (Abschn. V), sei es, dass die Versuche vielmehr Abweichungen davon als Bestätigungen dafür ergeben (VI. XVI). Namentlich hat in diesen Beziehungen das Webersche Gesetz Anfechtungen erfahren; fällt aber dieses Gesetz, so fallen auch die daraus abgeleiteten Gesetze.

2) Dass, in soweit sich noch von einer experimentalen Bestätigung der betreffenden Gesetze, also für die äussere Psychophysik, sprechen lässt, dieselben doch untriftig in die innere Psychophysik übertragen werden, indem eine logarithmische Abhängigkeit der Empfindung von der ihr unmittelbar unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, wie solche nach der Massformel für die Empfindung bezüglich des Reizes besteht, a priori unannehm-

bar sei. Statt, wie von uns geschieht, die Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit logarithmisch, diese vom Reize in einfacher Proportion abhängig zu denken, sei vielmehr das Umgekehrte anzunehmen (VIII).

3) Dass unsere Gesetze und Formeln begriffliche und mathematische Untriftigkeiten einschliessen, und namentlich die negativen Empfindungswerthe, zu welchen unsere Massformel für Reizwerthe unter der Schwelle führt, unzulässig seien (X).

4) Dass eine klare Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt und vernünftige Teleologie sich mit unsern Gesetzen nicht vertrage (VII. VIII.).

5) Dass hienach die, von mir zum mathematischen Ausdruck der psychophysischen Gesetze aufgestellten Formeln entweder zu verlassen oder doch zu modificiren, oder wenn ihrer Form nach beizubehalten, wesentlich anders als von mir geschehen, zu deuten seien (IV).

Theils theilen sich die Gegner in diese Einwürfe, theils begegnen sie sich darin, ohne sich jedoch (abgesehen etwa von Plateau und Brentano) in den aufgestellten positiven Gegenansichten zu begegnen.

III. Literatur der folgends vorzugsweise zu berücksichtigenden Einwände und entgegenstehenden Ansichten.

Wo man künftig dem Namen eines Autors eine Paginaverweisung beigefügt findet, bezieht sie sich auf die folgends bezeichnete Abhandlung oder Schrift desselben, bei Hering insbesondere, wo keine seiner Mittheilungen besonders bezeichnet ist, auf die zuerst gestellte, hauptsächlich zu berücksichtigende Abhandlung.

Ein Uebelstand bei Citirung der Abhandlungen aus den Wiener Sitzungsberichten ist, dass die Separatabzüge dieser Abhandlungen, welche von den Autoren an Fachgenossen versandt werden, sämmtlich von 1 an paginirt sind, hienach in der Seitenzahl im Allgemeinen nicht mit den Bänden der Sitzungsberichte stimmen, worein sie gehören, ein Uebelstand, der meines Erachtens zu vermeiden wäre. Ich werde nach den Separatabzügen citiren,

wonach dann freilich die, welchen nur die Bände der Berichte zu Gebote stehen, die Paginaverweisungen nicht stimmend finden können.

Helmholtz, »Physiolog. Optik« p. 312 ff. Von diesem, erst im J. 1867 veröffentlichten Werke war mir das hier in Betracht kommende erste Heft schon im J. 1860 durch Güte des Verf. zugekommen, wesshalb ich es hier der Zeit nach voranstelle.

Aubert, »Physiologie der Netzhaut« 1865. p. 49 ff.

Mach, no. 1. »Ueber den Zeitsinn des Ohres« in den Wiener Sitzungsber. 51. Bd. 1865; und no. 2. »Ueber die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize« ebendas. 68. Bd. 1868.

Bernstein, no. 1 »Zur Theorie des Fechnerschen Gesetzes der Empfindung« im Reichert-Dubois'schen Archiv, 1868. p. 388 ff. und no. 2, eine besondre Schrift: »Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme« 1871. p. 166 ff.

Plateau, Bulletin de l'Acad. de Belgique. T. XXXIII. 1872, hieraus in Poggendorfs Ann. CL. St. 3. 1873. p. 465. — Eine frühere Notiz in Comptes rendus. T. LXXV. p. 677. 1872. — Ein späterer Bericht über Delboeuf's Étude psychophysique im erstgenannten Bulletin 2. Sér. p. 250 ff.

Delboeuf, no. 1. Étude psychophysique, Bruxelles, F. Hayez. 1873. (auch T. XXIII der Mém. de l'Acad. roy. de Belgique). — no. 2. Théorie génér. de la sensibilité. Bruxelles, Hayez. 1876. — no. 3. Eine Abhandlung »La loi psychophysique, Hering contre Fechner« in der Revue philosophique de la France et de l'Étranger par Ribot, Paris. Baillière. 1877. p. 225 ff. — Kurz werde ich vorstehende drei Abhandlungen als Ét., Théor. und Rev. citiren.

Brentano, »Psychologie vom empirischen Standpuncte.« Th. 1. 1874. p. 9, 87 ff.

Hering, »Ueber Fechner's psychophysisches Gesetz« in den Wien. Berichten 72. Bd. 1875. Diess die im Folgenden vorzugsweise zu berücksichtigende Abhandlung. Ausserdem aber kommen noch mehr oder weniger in Mitrücksicht folgende, vom Verf. als Mittheilungen »zur Lehre vom Lichtsinne« bezeichnete und nach ihrer Zeitfolge numerirte, sämmtlich in den Wiener Sitzungsberichten enthaltene Abhandlungen: no. 1 »Ueber successive Lichtinduction« 66. Band. 3. Abth. 1872. — no. 2 »Vom simultanen Lichtcontrast.« 68. Band. 1873. — no. 3 »Ueber simultane Lichtinduction.« 68. Band. 1873. — no. 4 »Ueber die sog. Intensität

der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen.« 69. Bd. 1874. — no. 5 »Grundzüge einer Theorie des Lichtsinnes.« 69. Bd. 1874. — no. 6 »Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes.« 69. Bd. 1874.

Langer, »Grundlagen der Psychophysik, eine kritische Untersuchung.« 1876. Jena, Dufft.

IV. Uebersichtliche Vorführung der Gegner (Helmholtz, Aubert, Mach, Bernstein, Plateau, Brentano, Hering, Langer).

Nachdem ich zum Schlusse des 2. Abschnittes eine Uebersicht der Haupteinwände gegeben, welche sich gegen die, hier zu vertretenden Gesetze und Formeln gerichtet haben, lasse ich die Uebersicht der Gegner, von welchen diese Einwände ausgegangen sind, nach Ordnung der Zeit folgen. So weit es in verhältnissmässiger Kürze geschehen kann, theile ich dabei jedem Autor unmittelbar zu, was ihm sowohl von Einwürfen als positiven Ansichten zukommt, und erwiedere, was ich darauf zu erwiedern finde; in soweit es weiterer Ausführungen bedarf, ist auf die Folge zu verweisen. Die Formeln, welche die Gegner für die meinigen bieten, sind in Einschaltungen aufgeführt.

Wo nicht etwas Anderes ausdrücklich bemerkt werden wird, ist das Mass der Empfindungen überall mit γ, das Mass des Reizes mit β bezeichnet, und sind unter c, k, K vom Reize unabhängige Constanten zu verstehen. Ueberhaupt sind die von den Autoren in ihren Formeln gebrauchten Buchstabenbezeichnungen mehrfach (mit Angabe darüber) geändert.

Helmholtz und Aubert.

Helmholtz und Aubert machen geltend, dass die experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze im Gebiete der Lichtempfindung nach ihren Versuchen erheblich weiter gehen, als ich nach allen vorgängigen Versuchen Grund hatte anzunehmen, was doch Helmholtz nicht hindert, den approximativen Charakter des Gesetzes, auf den es in der äussern Psychophysik allein ankommt, um Schlüsse für die innere darauf zu gründen, anzuerkennen; wogegen Aubert das Gesetz überhaupt für nicht zu-

treffend erklärt. Inzwischen habe ich schon früher am oben (S. 7) angegebenen Orte gezeigt, dass Auberts eigene Versuche die Approximation des Gesetzes noch über die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches hinaus beweisen, und werde im 16. Abschnitt mit bestimmtern Angaben darauf zurückkommen. Ueber die von Helmholtz und Aubert aufgestellten Formeln giebt folgende Einschaltung Rechenschaft.

Helmholtz giebt zuvörderst (p. 313) zur Deckung der unteren, d. i. nach den kleinern Reizwerthen hin stattfindenden, experimentalen Abweichung vom Weberschen Gesetze eine, mit der von mir selbst für diesen Zweck aufgestellten Formel (Elem. II. 195) übereinstimmende Formel; um aber die obere, nach den grössern Reizwerthen hin stattfindende, Abweichung zugleich mit zu decken, stellt er als Differenzialformel (nur mit Verwendung andrer Buchstaben) folgende Formel auf:

$$\partial \gamma = \frac{c \partial \beta}{(a + \beta)(A + \beta)} \qquad (1)$$

worin c, a, A vom Reize unabhängige Constanten sind, a insbesondere ein kleiner Werth, der die vom Reize unabhängige innere Erregung misst, und gegen erhebliche Werthe von β merklich verschwindet, A ein sehr grosser Werth, gegen welchen Werthe von β, die nicht sehr gross sind (um so mehr a) verschwinden. Wo nun a gegen β, hingegen β gegen A verschwindet, geht diese Formel in unsere einfache Fundamentalformel über, indem $\frac{c}{A}$ unser K vertritt. Berücksichtigt man blos die untere Abweichung, d. h. vernachlässigt β gegen A, so kommt man zu unsrer obenerwähnten, diese Abweichung repräsentirenden, Formel in Elem. II. 195.

Durch Integration erhält man aus (1) folgende Massformel

$$\gamma = \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{a+\beta}{A+\beta} + \text{Const.}$$

Bei ausserordentlich grossen Werthen von β, wo nicht nur a, sondern auch A dagegen verschwindet, tritt Const. als Maximum der Empfindung γ auf; wonach, wenn diess Maximum G heisst,

$$G - \gamma = \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{A+\beta}{a+\beta}.$$

Sei ferner g der Werth von γ, der ohne den Reiz blos vermöge der innern Erregung a stattfindet, so hat man anderseits, wie ich beiläufig bemerke,

$$\text{Const.} = g - \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{a}{A}$$

was giebt

$$g - \gamma = \frac{c}{A-a} \cdot \text{ log. nat. } \frac{a}{A} \cdot \frac{a+\beta}{A+\beta}$$

wonach sich als Ausdruck des Unterschiedes der Empfindungen zwischen Maximum und Miminum findet

$$G - g = \frac{c}{A - a} \text{ log. nat. } \frac{A}{a}$$

im Coefficienten $\frac{c}{A-a}$ aber a gegen A vernachlässigt werden kann.

Der Maximumwerth der relativen Unterschiedsempfindlichkeit findet sich nach obigen Formeln bei $\beta = \sqrt{aA}$, also beim geometrischen Mittel zwischen a und A, indem man das Verhältniss von $\partial \gamma$ zu $\frac{\partial \beta}{\beta}$, welches nach (1) $= \frac{c\beta}{(a+\beta)(A+\beta)}$ ist, nimmt, und hievon im bekannten Wege den Maximumwerth sucht.

Aubert hat p. 68 seine Versuchsergebnisse in gewissen Grenzen empirisch durch die Annahme zu repräsentiren gesucht, dass die Werthe $\frac{\partial \beta}{\beta}$ (von Aubert als $\frac{I'}{I}$ bezeichnet), welche eben merklich sind, im umgekehrten Verhältnisse der Logarithmen von β stehen, wenn man den Logarithmus von β bei einem gewissen niedern Werthe von β, so wie den zugehörigen Werth von $\frac{\partial \beta}{\beta} = 1$ setzt; und, ausgehend von diesem niedern Werthe von β, giebt er in zwei Tabellen nach zwei Versuchsreihen eine Vergleichung von Beobachtung und Rechnung, die vom einfachen bis zum 100fachen β reichen, mit der Bemerkung, dass die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung die Grenzen der zu besorgenden Beobachtungsfehler nicht überschreiten. Indess sieht man doch in dieser Vergleichung die Differenzen nach einem fast regelmässigen Gange bei steigendem β aus dem Negativen ins Positive übergehen, und bei dem höchsten in Betracht gezogenen β, statt des durch die Rechnung geforderten $\frac{\partial \beta}{\beta} = \frac{1}{3}$, Werthe $\frac{1}{3{,}48}$ bis $\frac{1}{3{,}74}$ auftreten. Endlich ist zu erinnern, dass bei dem, von Aubert als Einheit angenommenen, schwachen Ausgangswerth von β unmöglich so, wie von ihm geschieht, die innere Helligkeit des Augenschwarz vernachlässigt werden könnte*), wollte man zu einer rationellen Formel gelangen. Auch gesteht Aubert selbst (p. 56), dass seine Annahme für sehr geringe Werthe von β nicht mehr zureicht, und giebt daher dieselbe ausdrücklich nur als eine, für den betreffenden beschränkten Abschnitt seiner Versuche empirisch brauchbare.

Um sie zu formuliren (worauf sich Aubert nicht eingelassen), hätte man zu setzen:

$$\frac{\partial \beta}{\beta} = \frac{\text{Const.}}{\text{log. } \beta}$$

---

*) In der That ist in der einen von beiden Tabellen $\frac{1}{39}$, in der andern $\frac{1}{42}$ als Einheit des eben merklichen $\frac{\partial \beta}{\beta}$ angenommen, erhalten bei Lichtintensitäten β, womit eine weisse Tafel durch eine, in einem Abstande von 2 Meter davon befindliche Stearinkerze beleuchtet war.

und, indem man Const. durch den, mit einer Const. c multiplicirten kleinen, selbst constanten eben merklichen Empfindungsunterschied $\partial\gamma$, als von $\partial\beta$, β und log. β abhängig, ersetzt,

$$\partial\gamma = \frac{1}{c} \log. \beta \frac{\partial\beta}{\beta}$$

hieraus, unter Setzung von $\frac{1}{c} = K$

$$\gamma - \gamma_{\prime} = k \left[(\log. \beta)^2 - (\log. \beta_{\prime})^2\right].$$

Lässt man das Schwellenprincip gelten, wonach $\gamma_{\prime} = 0$, wenn $\beta_{\prime}$ gleich dem endlichen Schwellenwerthe b, so erhält man endlich als Massformel

$$\gamma = k \left[(\log. \beta)^2 - (\log. b)^2\right]$$

welche sich von unsrer Massformel (S. 10) blos darin unterscheidet, dass log. β und log. b zum Quadrat erhoben sind. — Das empirische Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit ergiebt sich nach der Aubertschen Formel eben so wenig als nach unserer.

Mach.

Mach lässt meine Grundformeln für die äussere Psychophysik im Gebiete intensiver Empfindungen im Wesentlichen gelten, und ist sogar in einem besondern kleinen Schriftchen (Vorträge über Psychophysik. Wien, Sommer, 1863) auf eine nähere Auseinandersetzung derselben eingegangen, bestreitet aber in no. 2 die von mir angenommene Uebertragbarkeit der Formeln in die innere Psychophysik auf Grund einer theoretischen Voraussetzung, die ich doch nach den Erörterungen unter VIII nicht bindend finden kann. Ausserdem findet er nach seiner Abhandlung no. 1 auf Grund eigener Versuche das Webersche Gesetz nicht auf die extensiven Zeitempfindungen anwendbar, indess jedoch dasselbe nach der im 16. Abschnitt folgenden Zusammenstellung seiner und Vierordtscher Versuche zwar bezüglich der Zeitempfindungen eben so, wie wohl bezüglich aller Empfindungen, einer unteren experimentalen Abweichung unterliegt, höher hinauf aber approximativ genug zutrifft, dass man kaum umhin kann, dem Gesetze auch in diesem Gebiete eine fundamentale Bedeutung zuzusprechen. — Den in no. 2 aufgestellten, im 11. Abschnitt zu besprechenden, Formeln des Verf. über Contrastempfindungen pflichte ich gern bei, sofern sie beweisen, dass aus den Wirkungen des Contrastes keine experimentalen Störungen für die Beweisbarkeit des Weberschen Gesetzes zu besorgen sind.

Bernstein.

Bernstein acceptirt zwar die Form meiner Massformel, giebt ihr aber eine gänzlich veränderte Auslegung. Anstatt die Empfindung γ in logarithmische Abhängigkeit von der Stärke des Reizes oder der psychophysischen Thätigkeit β zu setzen, setzt er sie einfach proportional der Zahl der Gehirnganglienzellen, durch welche sich die als Schwingungsvorgang gedachte Erregung vom Eintritt des Reizes in das Gehirn an fortpflanzt, oder, unter Voraussetzung einer gleichförmigen Austheilung dieser Zellen, einfach proportional der Grösse des Raumes S, in welchem diese Zellen enthalten sind, multiplicirt mit der Dichtigkeit α, in welcher der Raum durch die Zellen erfüllt ist; indem er annimmt, dass über einen gewissen Raum um die Eintrittsstelle der Erregung hinaus keine Fortschreitung der, mit der Ausbreitung und durch die Widerstände sich mehr und mehr abschwächenden, Erregung stattfindet, also den Raum S, sogen. Irradiationsraum, als einen begrenzten ansieht. Es hängt aber nach seiner Deduction αS nach derselben Formel von der Grösse des Reizes β, mit welcher die Erregung in das Gehirn eintritt, und dem Schwellenwerthe b im Sinne des Verf., mit dem sie an der Grenze des Irradiationsraumes abschliesst, ab, als nach uns die Empfindung von β und b nach unsrer Fassung, was die gleiche Form der Massformel begründet.

Man hat also im Sinne des Verf.

$$\gamma = \alpha S = \frac{1}{k} \text{ log. nat. } \frac{\beta}{b}$$

wo k eine, von dem specifischen Widerstande, den die Ganglienzellen der Fortpflanzung der Erregung entgegensetzen, abhängige, je nach der verschiedenen Empfindlichkeit der Individuen für Reize verschiedene Constante ist.

Die Ableitung der Bernsteinschen Massformel ruht auf manchen Voraussetzungen, die keineswegs evident sind; da sich aber davon in Kürze nicht sprechen lässt, so verweise ich darüber von hier auf den, besonders darauf bezüglichen, 15. Abschnitt. Meinerseits vermöchte ich die Auffassung des Verf. hauptsächlich aus folgenden zwei Gründen nicht zu theilen: erstens, weil ich ein Mass der Empfindung durch die Ausbreitung des Erregungsvorganges, von dem die Empfindung abhängt, ohne die Stärke der Erregung an jedem Puncte in das Mass mit aufzunehmen, nicht zuzugestehen vermöchte; zweitens, weil ich die endliche Begrenzung des Irra-

diationsraumes durch die Deduction des Verf. nicht hinreichend begründet finden kann. Eingehender jedoch hierüber im 15. Abschnitt und einige Bemerkungen am Schlusse des 18.

Plateau.

Plateau, ohne bestimmtere Einwände gegen mich geltend zu machen, sagt (p. 471): »Fechners Formel führt zu der Folgerung, dass, wenn die gemeinschaftliche Beleuchtung variirt, die Differenzen der Empfindung constant bleiben. Es hat mir zur Erklärung der Constanz des allgemeinen Eindruckes eines Kupferstiches natürlicher geschienen, a priori die Constanz dieser Verhältnisse und nicht der Differenzen zwischen den Empfindungen anzunehmen;« und er macht in dieser Beziehung des Nähern folgende Thatsache geltend: »Jeder weiss, dass ein Kupferstich so ziemlich derselbe bleibt, man mag ihn bei Tageslicht, bei Gaslicht oder selbst im Sonnenschein betrachten. Diese so verschiedenen Beleuchtungen bringen keine beträchtliche Veränderung in den Beziehungen zwischen den hellen und dunklen Theilen hervor.«

Mittelst einer Analyse, die ich hier übergehe, kommt dann Plateau zu folgender, seiner Voraussetzung entsprechenden, Massformel

$$\gamma = k\beta^p$$

worin k und p Constanten sind, von welchen p nach Plateau's Bemerkung kleiner als 1 sein kann, und unstreitig kleiner angenommen werden muss, soll erklärt werden, dass die Empfindung in langsamerem Verhältnisse als der Reiz ansteigt. Aus voriger Formel folgt, unter Setzung vou $kp = K$,

$$\partial\gamma = K\beta^{p-1}\partial\beta$$

wodurch unsere Fundamentalformel zu ersetzen wäre, und

$$\frac{\partial\gamma}{\gamma} = p\frac{\partial\beta}{\beta}$$

Helmholtz hat die Thatsache des ziemlich gleichbleibenden Eindrucks eines Kupferstiches bei verschiedenen Beleuchtungsgraden vielmehr in meinem als Plateau's Sinne gedeutet; indess wird sich durch subjective Auffassungen und Autoritäten nichts entscheiden lassen; aber es giebt ein objectives Mtttel der Entscheidung in Versuchen, wie solche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes dienen. Auch hat Plateau das sehr wohl eingesehen, und, unstreitig den bisher angewandten Methoden oder ihren Resultaten misstrauend, selbst ein neues (unten kurz zu bezeichnendes) Prüfungsverfahren angegeben, welches in der That als ei[illegible]zbare Bereicherung psychophysischer Methoden angesehen

hat auch dessen praktische Ausführbarkeit und Brauchbarkeit vorläufig geprüft und bewährt gefunden; aber da er (in Betracht seines Augenleidens) die Prüfung des Gesetzes selbst nicht hat ausführen können, auf eine erst von Delboeuf mittelst dieser Methode vorzunehmende Prüfung verwiesen, wonach er seine darauf bezügliche Abhandlung mit folgenden Worten schliesst: »Wenn die Resultate veröffentlicht sein werden, wird man wissen, welche der drei Formeln, die von Fechner, die von Delboeuf [wovon unter der Rubrik Delboeuf], oder die von mir den Vorzug verdient.«

Bei der von Plateau vorgeschlagenen, von Delboeuf später ausgeführten, Methode kommt es wesentlich darauf an, drei aneinander grenzende Lichtflächen *A*, *B*, *C* in ihrer physischen Helligkeit so gegen einander abzustufen, dass nach dem Urtheile der Empfindung der Helligkeitsunterschied zwischen *C* und *B* genau eben so gross als zwischen *A* und *B* erscheint, und diess durch eine grössere Scale von Lichtintensitäten durchzuführen; wonach die Rechnung das Ihrige zur Prüfung zu thun hat, ob die Verhältnisse dieser Intensitäten sich der zu prüfenden Formel hinreichend fügen. Dass die Beurtheilung des Punctes, wo die Gleichheit der beiden Unterschiede zwischen *A* und *B*, *B* und *C* für die Wahrnehmung eintritt, keiner zu grossen Unsicherheit unterliegt, davon hatte sich schon Plateau an mehreren Versuchssubjecten überzeugt, und findet sich durch Delboeuf's Versuche bestätigt. Auch treten ja schon die Sterngrössenschätzungen im Grunde unter diess Princip.

Nun wohl, die Versuche nach Plateau's Methode sind seitdem von Delboeuf angestellt und veröffentlicht worden. Sie entscheiden gegen Plateau's Formel für das Webersche Gesetz; und wenn Delboeuf in seiner ersten Abhandlung (Étude) noch glaubte, auf Grund dieser Versuche eine Modification des Weberschen Gesetzes vertreten zu können, welche in der That gleich gut, doch nicht besser als dieses Gesetz selbst mit seinen Versuchen stimmt, so acceptirt er doch in seinen spätern Abhandlungen das reine Webersche Gesetz, indem er ihm freilich dabei eine andere fundamentale Auslegung, als von mir geschieht, giebt.

Endlich hat Plateau selbst in einem Bericht über Delboeuf's Étude auf Grund von dessen Versuchen seine Formel mit folgenden Worten zurückgenommen: »Quant à ma formule par cela seul qu'elle diffère de celle de M. Delboeuf il est évident, qu'elle est inexacte.«*) Inzwischen bleibt Plateau's Auffassung von Interesse,

*) Ich citire hier nach einer mir zugekommenen Mittheilung dieser Stelle, da ich Plateau's Bericht selbst nicht gelesen habe.

sofern auch Andere (Brentano, Ueberhorst) nur von anderen Seiten her auf Gesichtspuncte gekommen sind, die zu der Plateauschen Formel zurückführen, wie unter der Aufschrift »Brentano« zu besprechen.

Nebensächlich kann man bemerken, dass Plateau's Formel keinen Schwellenwerth enthält, wonach Alles, was nach Abschnitt IX für die fundamentale Festhaltung desselben spricht, zugleich gegen Plateau's Formel spricht.

Was die Einwürfe anlangt, die Plateau neuerdings in seiner Abhandlung »Sur les couleurs accidentelles ou subjectives« (Bruxelles, Hayez 1875) gegen meine Ansichten von den subjectiven Farben erhebt, so gehört ihre Berücksichtigung nicht hieher, und ich erwähne nur kurz, dass ich mich denselben aus folgenden Gesichtspuncten nicht zu fügen vermöchte: Ich meine, dass bei den Nachbildsversuchen nicht blos auf den Lichtstaub und andere helle Phänomene, die sich zufällig dem Augenschwarz zumischen, sondern hauptsächlich auf das innere Licht (die innere psychophysische Erregung), die durch das Gesichtsphänomen des Augenschwarz selbst repräsentirt wird, Rücksicht zu nehmen ist, dass dieses durch innere Gründe, insbesondere im Umkreise von Nachbildern heller Gegenstände auf dunklem Grunde, seine Helligkeit weit über seinen mittlern Werth steigern, nur vermöge einer organischen Einrichtung nicht unter einen gewissen Grenzwerth verringern kann, und dass es im selben Sinne, als man von einer Zerlegung des äusserlich einwirkenden und durch dasselbe innerlich angeregten Lichtes in Farben sprechen kann, nicht minder zerlegbar und diese Zerlegbarkeit überall bei Versuchen über subjective Complementärfarben mit zu berücksichtigen ist. Auch habe ich mich schon in meiner Abhandlung über die subjectiven Complementärfarben in Pogg. Ann. XLIV. S. 517 ff. wesentlich in diesem Sinne ausgesprochen, nur dort zu einseitig als Beweis dafür, dass unabhängig vom äussern Lichtreize eine innere subjective Lichtentwickelung bestehen kann, auf die mehr zufälligen hellen Phänomene, mit welchen das Augenschwarz durchsetzt sein kann, hingewiesen, womit man freilich nicht zur Erklärung vieler Phänomene ausreicht; und hiegegen könnte ich allerdings eine Opposition im Rechte finden. Indess habe ich mich sowohl in den Elem., als in der, in den Ber. d. sächs. Soc. 1860 enthaltenen, Abhandlung über Contrastempfindung klar genug über den Lichtwerth, den ich dem Augenschwarz selbst beilege, erklärt. — Dass der, mit rothem und grünem Papier angestellte Versuch, dessen Plateau p. 10 gedenkt, nur dann etwas bedeuten könnte, wenn das Roth und Grün von einfacher homogener Beschaffenheit wären, dürfte einleuchten; er würde aber selbst für diesen Fall nicht beweisend sein, wenn man annehmen darf, dass jeder objectiv einfache Farbenstrahl eine Zusammensetzung von Farbenstrahlen innerlich auslöst, eine Ansicht, die Helmholtz mit Bezug auf die Youngsche Hypothese ausspricht, indess ich solche, nur in anderm Sinne, im 14. Abschn. vertrete. Gründe dazu giebt es jedenfalls.

Brentano.

Brentano erhebt (p. 90) einen, von mir unter V zu berücksichtigenden, Einwand gegen meine Begründungsweise des Weberschen Gesetzes, worin er mit andern Gegnern zusammentrifft; und ersetzt nach einer, von der meinigen abweichenden, Auffassung der Thatsachen, auf welche ich diess Gesetz gründe, dasselbe durch folgendes:

Indess nach dem Weberschen Gesetze jeder Zuwachs einer Empfindung gleich merklich bleibt, wenn der Zuwachs des Empfindungsreizes dasselbe Verhältniss zum Reize behält, ist nach Brentano jeder Zuwachs der Empfindung gleich merklich, welcher zu der Intensität der Empfindung, zu welcher er hinzutritt, ein gleiches Verhältniss behält, und der relative Zuwachs der Empfindung der gleiche, wenn der relative Zuwachs des physischen Reizes der gleiche ist.

Wesentlich auf dasselbe aber kommt es heraus, wenn Ueberhorst in seiner Schrift: »Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Göttingen 1876« auf Grund rein psychologischer Erörterungen, und unter Voraussetzung, dass die Empfindungen der Nervenerregung einfach proportional gehen, den Satz aufstellt: »Gleichartige Empfindungen, welche noch eben unterscheidbar sind, differiren stets um einen gleichen Bruchtheil ihrer eigenen Stärke von einander.«

Brentano hat zwar sein Gesetz nicht selbst in mathematischen Zeichen ausgedrückt; es ist jedoch in folgender Einschaltung von mir geschehen, und durch die Correspondenz mit ihm habe ich mich vergewissert, dass damit der Sinn, in welchem er sein Gesetz versteht, wirklich getroffen ist. Es zeigt sich, dass diese Formel und mithin das Gesetz des Verf. ganz auf die Plateausche Formel, das Plateausche Gesetz zurückführt, mithin Alles, was gegen diese gesagt ist, auch auf die Brentanoschen Anwendung findet, ohne dass ich nöthig habe darauf zurückzukommen.

Sei wie immer γ die Empfindung, β der Reiz, p eine Constante, so ist diess das Fundamentalgesetz des Verfassers:

$$\frac{\partial \gamma}{\gamma} = p \frac{\partial \beta}{\beta}$$

welches zur Massformel

$$\log \gamma = p \log \beta + \text{Const.}$$

führt. Setzen wir nun $\gamma = 1$ bei $\beta = B$, wobei log. $\gamma = 0$ wird, so ergiebt sich Const. $= -p$ log. B, also allgemein:

$$\log. \gamma = p \log. \frac{\beta}{B}$$

und hieraus

$$\gamma = \left(\frac{\beta}{B}\right)^p = k\beta^p$$

wenn $\left(\frac{1}{B}\right)^p = k$ gesetzt wird.

Zur Begründung seines Gesetzes macht Brentano zwar nicht dieselben Thatsachen, als Plateau, aber doch auch nur Thatsachen geltend, die sonst allgemein zu Gunsten des Weberschen Gesetzes gedeutet werden, als wie: »Dass die Zunahme eines Zolles um eine Linie ungleich merklicher als die Zunahme eines Fusses um dieselbe Grösse ist.« Freilich muss ich gestehen, dass mir die Ableitungsweise seines Gesetzes aus solchen Thatsachen weder durch seine Schrift, noch aus der mit ihm geführten Correspondenz völlig klar geworden ist, und es möchte mir daraus und aus andern Bemerkungen desselben scheinen*), dass der Gesichtspunct, aus welchem physische und psychische Grössen in der Psychophysik einerseits zu unterscheiden, andrerseits mit einander in functionelle Beziehung zu setzen, ihm nicht klar vorgelegen hat. Hierüber seien einige Bemerkungen eingeschaltet.

Meines Erachtens ist der Unterschied, den wir in dieser Beziehung zu machen haben und selbst ausserhalb der Psychophysik stillschweigend überall machen, dieser: physische Grössen sind sei es unmittelbar durch äussere Massnahmen messbar, oder wo Schwierigkeiten directer Messung vorliegen, doch principiell auf so gewinnbares Mass zurückführbar; psychische Grössen sind nicht direct so messbar, sondern nur innerlich nach Gleichheit und Ungleichheit, grösserer und geringerer Ungleichheit, vergleichbar, indess sie doch psychophysisch als Function der physischen Grössen, von denen sie abhängen, auf Grund von Gesetzen, welche für diese Abhängigkeit bestehen, auch einem Masse unterliegen, welches, wenn auch selten experimentell ausführbar, doch principiell überall besteht.

Um die zu machende Unterscheidung wenigstens durch ein Beispiel zu erläutern, diene das folgende:

Nach einer interessanten Bemerkung von Hering scheinen zwei auf dem Papier in gewisser horizontaler Entfernung von einander angebrachte Puncte distanter, wenn man eine Reihe Puncte zwischen ihnen anbringt, als wenn man den Zwischenraum zwischen ihnen leer lässt, wie sich jeder sofort überzeugen kann, wenn er eine leere und mit Puncten durchsetzte horizontale Distanz mit gleicher Zirkelweite unter einander anbringt. Sofern sie gleicher

*) So, wenn er p. 91 behauptet, nach meiner Methode werde nicht sowohl ein psychisches als ein physisches Phänomen gemessen.

Zirkelweite entsprechen, sind sie physisch gleich, indess sie psychisch ungleich sind.

Nun könnte man den psychischen Grösseneindruck mit dem physischen Masse dadurch in functionelle Beziehung setzen, dass man die leere Distanz so lange vergrösserte oder die mit Puncten erfüllte so lange verkleinerte, bis beide dem Auge gleich erschienen, und gewönne damit eine functionelle Beziehung zwischen psychischer Gleichheit, die sich psychisch beurtheilen lässt, und physischer Ungleichheit, die sich äusserlich messen lässt. Je nach grösserer oder geringerer absoluter Länge der Linien, grösserer oder geringerer Anzahl der Puncte würde man unstreitig in dieser Hinsicht verschiedene Verhältnisse finden; und so kann man überhaupt eine psychophysische Untersuchung darauf richten, unter welchen Abänderungen, Verhältnissen, physischer, d. i. äusserlich messbarer, Werthe sich eine Gleichheit davon abhängiger psychischer Werthe forterhält oder wiederherstellt (wie diess ja bei Prüfung des Weberschen Gesetzes geschieht), was zwar noch nicht unmittelbar ein psychisches Mass, wohl aber ein functionelles Verhältniss zwischen beiden giebt, woraus ein solches Mass principiell ableitbar ist.

Der Verf. macht ausserdem noch folgende allgemeine Gegenbemerkungen gegen meine psychophysische Masslehre:

»Einmal — sagt er (p. 90) — beschränkt sich die Möglichkeit der Messung von Intensitäten nach der von Fechner angegebenen Methode gänzlich auf solche Phänomene, welche durch äussere Reizung der Sinnesorgane hervorgebracht sind. Für alle psychischen Phänomene, welche in physischen Vorgängen im Innern des Organismus ihren Grund haben, fehlt uns also nach wie vor ein Mass der Intensität.« — Aber es fehlt uns damit nicht ein aus Versuchen im Gebiete der äusseren Psychophysik ableitbares Princip des Masses psychischer Grössen nach ihrer functionellen Abhängigkeit von physischen Grössen, was psychologisch das Wichtigste ist, hiemit nicht die Möglichkeit einer innern Psychophysik, welche der Verf. in Abrede zu stellen scheint.

»Aber noch mehr! — fügt der Verf. (p. 91) hinzu — Die Empfindungen selbst hängen nicht allein von der Stärke des äussern Reizes, sie hängen auch von psychischen Bedingungen, wie z. B. von dem Grade der Aufmerksamkeit ab. Es wird also nothwendig sein, diesen Einfluss zu eliminiren, meinethalben, indem man den Fall der höchsten und vollsten Aufmerksamkeit voraussetzt. Dann aber ergiebt sich, wenn nicht anderes Inconvenientes, zum Mindesten eine neue und bedeutende Beschränkung.«

Aber es ist unrichtig, dass die Stärke, in der ein sinnliches Phänomen erscheint, noch von dem Grade der Aufmerksamkeit

abhänge, falls das Phänomen nur überhaupt der Aufmerksamkeit nicht entgeht. Hierüber ist in den Elem. II. 452 ff. genug gesagt, und jeder kann unmittelbar finden, dass ein weisses oder graues Papier nicht heller, ein Ton nicht lauter erscheint, mag man eine mehr oder weniger intensive Aufmerksamkeit darauf richten. Aber warum verschwindet er doch ganz aus dem Bewusstsein, wenn man sie gar nicht darauf richtet? Nun, meine Erklärung hat man dafür im 42. Abschnitt der Elemente, und kurz komme ich unter IX darauf zurück. Wie die Gegner eine Erklärung dafür finden, mögen sie selbst zusehen.

Delboeuf.

Delboeuf nimmt in seinen drei, oben S. 15 bezeichneten, kurz als Ét., Théor. und Rev. zu unterscheidenden Abhandlungen*) eine eigenthümliche und schwankende Stellung gegen meine Lehre ein. Nach der obigen Aeusserung S. 5 sollte man einen der entschiedensten Gegner gegen dieselbe in ihm suchen. Dessenungeachtet sind seine Versuche (in der Ét.) nur eine sehr willkommene Bestätigung des Weberschen Gesetzes, und zwar in einer Approximation, welche viel weiter geht, als nach den Aubertschen Versuchen, wie man sich aus dem, seine Versuche besprechenden, 17. Abschnitt überzeugen kann. Auch erkennt Delboeuf schon in seiner ersten Abhandlung (Ét. p. 22. 46) den approximativen Charakter des Weberschen Gesetzes an, und glaubt nur noch, theils aus theoretischen Gründen, theils um die, bei seinen Versuchen wie überall noch übrig bleibende experimentale untere Abweichung vom Weberschen Gesetze zu decken, es etwas modificiren zu müssen, indess er in seinen spätern Abhandlungen diese Modification fallen lässt**), und dasselbe auch selbst als Folgerung

---

*) Ausser diesen Abhandlungen, die uns hier allein angehen, hat Delboeuf, ein vorzüglicher experimentaler und philosophischer Forscher in Belgien, auch Untersuchungen über Behandlung logisch-mathematischer Probleme, so wie über optische Illusionen veröffentlicht. Seine letzt erschienene Schrift führt den Titel: »Logique algorithmique. Essai sur un système de signes appliqué à la logique avec une introduction ou sont traitées les questions générales relatives à l'emploi des notations dans les sciences.« Bruxelles, Muquart, 1877.

**) Wenn Delboeuf in seiner ersten Abhandlung (Ét.) meiner Formel für das Webersche Gesetz die untere Abweichung desselben vom Resultat der Versuche vorwerfen konnte, welche die von ihm dort angenommene Modi-

aus einem, von ihm aufgestellten Massgesetze zulässt, dessen Formel in der Form ganz mit meiner logarithmischen Massformel übereinstimmt. Jedoch ist der von mir darin eingeführte Schwellenwerth durch einen anders verstandenen Werth ersetzt, wodurch sie allerdings auch für die Anwendung eine wesentlich andre wird (s. unten). Die von ihm, auch in seinen neuern Abhandlungen festgehaltenen, theoretischen Einwände betreffen hauptsächlich meine Aufstellung und Deutung negativer Empfindungswerthe und des damit solidarischen Schwellenwerthes, worauf ich unter IX und X komme. Da inzwischen Herings Einwürfe gegen das Webersche Gesetz und die davon abhängige logarithmische Massformel Delboeuf eben so gut treffen, als mich, wird Delboeuf sogar aus dem Gegner in der Étude zum Bundesgenossen in der Revue in sofern für mich, als er, ohne seine eignen Einwürfe desshalb aufzugeben, doch Herings Einwänden in letzter Beziehung opponirt, wenn schon im Allgemeinen aus andern Gesichtspuncten, als es von mir geschehen wird.

Um Delboeufs eigene positive Ansicht kurz zu bezeichnen, bei welcher er in seinen letzten Abhandlungen (Théor. und Rev.) nicht nur der meinigen, sondern auch der von ihm früher (in der Ét.) aufgestellten gegenüber stehen geblieben ist, so strebt nach ihm die, als oscillatorischer Process vorgestellte, Thätigkeit, in welcher die Sinnesnerven begriffen sind, und deren Grösse er mit p bezeichnet, sich mit der von Aussen anregenden Thätigkeit, dem Reize, dessen Grösse er mit p' bezeichnet, ins Gleichgewicht zu setzen; es findet Empfindung statt, so lange das Gleichgewicht nicht erreicht ist, positive Empfindung (als von Wärme, Licht), so lange der Reiz überwiegt, negative (von Kälte, Dunkel) im entgegengesetzten Falle. In jedem Falle mindert sich die Empfindung durch Wirkung jenes Strebens bei constant erhaltenem Reize, bis das Gleichgewicht erreicht ist, wonach die Empfindung so lange schweigt, als der Reiz sich nicht ändert.

---

fication des Gesetzes nicht darbietet, ist es blos desshalb, weil er nicht beachtet hat, dass von mir, zur Repräsentation dieser Abweichung, für den kleinen Werth c, den er als Zusatz zum Reize β in Rechnung bringt, der Werth der Helligkeit des Augenschwarz als solcher Zusatz in Rechnung kommt, den Delboeuf freilich nicht unter seinem c versteht, was aber für die Berechnung gleichgültig ist.

Hienach ist Delboeufs jetzige Grundformel

$$\gamma = \log. \frac{p'}{p}$$

worin γ das Mass der Empfindung, p' das des äussern Reizes, p das der innern Thätigkeit ist (Théor. p. 26. 30).

Jedoch ist es nicht ein statisches Moment, woran nach Delboeuf die Empfindung hängt, sondern, wenn ich anders den Verf. nach den von mir dazu zusammen genommenen Stellen aus seinen neuern Abhandlungen recht verstehe, verhält es sich so:

Die Theilchen der Nerven haben eine ihnen natürlich zukommende Lage (Rev. p. 246) und befinden sich in einem ihnen natürlich zukommenden Schwingungszustande um diese Lage (Théor. p. 25—26, Rev. p. 245). Auch der äussere Reiz wird im Allgemeinen (ausdrücklich wenigstens nach Rev. p. 246) als im Schwingungszustande begriffen angesehen. Unter dem Einflusse der mit p' bezeichneten Kraft (force) *) des äussern Reizes ändert sich der innere Schwingungszustand und ändert sich die Lage der Theilchen. Die Aenderung des innern Schwingungszustandes geht nach einem, vom Verf. (Théor. p. 27) formulirten Gesetze **) so lange fort, bis seine, mit p bezeichnete Kraft dem p' des äussern Schwingungszustandes gleich geworden ist, und die Lage der Theilchen ändert sich, entgegen einem Widerstande, dem sie beim Verlassen ihrer natürlichen Lage begegnen, so lange, bis der mit der Abweichung wachsende Widerstand mit der ändernden Kraft ins Gleichgewicht gekommen ist. In der Théorie bezieht sich der Verf. auf die Aenderung des innern Schwingungszustandes, in der Revue (p. 246) auf die Aenderung der Lage. In jedem Falle ist der Zustand des Nerven unter dem Einfluss eines Reizes, mit dem er sich ins Gleichgewicht gesetzt hat, einem Spannungszustande vergleichbar. Die Empfindung aber ist proportional der Arbeit (travail) T, mit der sich diese Aenderung des innern Schwingungszustandes und der

---

*) In so weit ich dem Verf. habe folgen können, wird von ihm die hier ins Spiel gebrachte force nur durch die Wirkungen, welche er ihr beilegt, und durch Vergleiche charakterisirt. Dass er die lebendige Kraft von Schwingungen darunter versteht, finde ich nicht gesagt; doch ist wohl an nichts Andres zu denken.

**) Sei p' constant, und p als schwächere Kraft anfangs $= p^0$ gewesen, so wird die Zeit t, in welcher p^0 zu p aufgestiegen ist, sein $t = \frac{1}{k} \log. \frac{p'-p^0}{p'-p}$ worin k constant.

Lage der Theilchen vollzieht (Théor. p. 47, Rev. p. 246), und diese Arbeit T ist (Théor. p. 47), vergleichbar der, mit welcher sich die Aenderung des Druckes p und des Volumens v einer, in einem Cylinder mit beweglichem Stempel eingeschlossenen, Gasmasse bei constanter Temperatur vollzieht, wenn der Druck p in den Druck p' und v in v' übergeführt wird, indem hiebei

$$T = c \log. \frac{v}{v'} = c \log. \frac{p'}{p}$$

worin c eine Constante.*)

Ohne Einwirkung eines Reizes p' befindet sich (nach Théor. p. 31) das empfindende Wesen in einem natürlichen Gleichgewichtszustande (équilibre naturel), vergleichbar dem, in welchem sich eine, auf einer Violine ausgespannte, Saite befindet, wenn sie sich selbst überlassen ist. Dieser Zustand der Saite aber ist wohl zu unterscheiden von dem Zustande der Spannung und des Gleichgewichts (équilibre de tension), in dem sich die Saite befindet, wenn sie durch eine äussere Kraft aus ihrer natürlichen Lage entfernt gehalten wird, und mit letzterm Zustande ist der Zustand des empfindenden Wesens vergleichbar, wenn p durch Wirkung von p' sich mit diesem ins Gleichgewicht gesetzt hat. Nun giebt es ein Maximum und Minimum von p, welches nicht nach einer und der andern Seite überschritten werden kann, ohne dass das Organ leidet, wie die Saite reisst, wenn man sie durch Entfernung aus ihrer natürlichen Lage zu stark spannt. Der natürliche Gleichgewichtszustand liegt in der Mitte zwischen beiden Grenzen. Die sinnliche Empfindung ist (nach Théor. 31. 34. 43 ff.) begleitet entweder von einem Gefühle der Ermüdung, Erschöpfung, des Schmerzes, oder einem Gefühl des Wohlbehagens, Vergnügens,

---

*) Nämlich: »Sei p der Druck, v das Volumen (ausgedrückt durch die Höhe des Gases, wenn es in einem Cylinder eingeschlossen ist), so hat man [nach Mariottischem Gesetz]: $p\text{v} = \text{Const.}$ Sei T die Arbeit, so wird sein:

$$\partial T = -p\,\partial \text{v} = -c\frac{\partial \text{v}}{\text{v}}$$

woraus man zieht:

$$T = -c\int_{\text{v}}^{\text{v}'} \frac{\partial \text{v}}{\text{v}} = c \log. \frac{\text{v}}{\text{v}'}$$

und, indem man v durch seine Function bezüglich p ersetzt:

$$T = c \log. \frac{p'}{p}$$

je nachdem man sich dabei mehr einer von beiden Grenzen, oder mehr dem natürlichen Zustande nähert. Dieses Gefühl mischt sich (nach Théor. p. 32) immer mit der Empfindung und wird gewöhnlich durch sie ziemlich maskirt, wenn aber ersteres Gefühl zu stark wird, maskirt es seinerseits die Empfindung; diese verschwindet dann so zu sagen und macht dem Schmerze Platz. Auch für dieses Gefühl entwickelt der Verf. nach theoretischen Ansichten Formeln (p. 32 ff.), worauf ich jedoch hier nicht eingehen will.

Indem Delboeufs Grundansicht und Grundformel wesentlichst auf die Thatsache selbst gebaut ist, dass die Empfindung bei constantem Reize sich mindert, und diess sogar bis zum Verlöschen der Empfindung gehen kann*), erklärt oder vielmehr deckt sie natürlich diese Thatsache vortrefflich, begegnet aber freilich damit andern Schwierigkeiten.

Eine Anwendbarkeit von Delboeufs Ansicht und Formel auf die innere Psychophysik scheint von vorn herein principiell ausgeschlossen, da alle Empfindung von Veränderungen eines innern p durch ein äusseres p' abhängen soll; auch ist Delboeuf auf eine solche Anwendung nicht eingegangen; doch mag hierin in sofern keine wesentliche Schwierigkeit liegen, als man ja auch von äusseren Reizungen des Nervensystems innerhalb unseres Körpers, nämlich von den andern organischen Systemen her, sprechen, und hievon z. B. die, ohne Dasein objectiver Reize entstehenden, subjectiven Empfindungen abhängig machen könnte. Hingegen lässt Delboeufs Formel den Schwellenwerth vermissen, wogegen man die Bemerkungen unter IX vergleiche. — Sie bringt ferner Temperaturempfindungen mit Licht- und Schallempfindungen unter einen so gemeinsamen Gesichtspunct, dass folgender, dazwischen zu machender, Unterschied nicht zu seinem Rechte kommt. Zwischen der Empfindung der Kälte und Wärme giebt es einen Nullzustand der Temperaturempfindung, nicht eben so zwischen der Empfindung von Schwarz und Weiss einen Nullzustand der Lichtempfindung, noch zwischen der Empfindung der Stille und des

*) Nach uns hängt diese Thatsache davon ab, dass unter Einfluss eines continuirlichen Reizes sich der Quell der dadurch auslösbaren psychophysischen Thätigkeit mehr und mehr erschöpft, so dass diese unter Umständen, — denn allgemein, z. B. bei der Lichtempfindung, ist es gar nicht der Fall — bis zum Schwellenwerth und selbst bis unter denselben herabgedrückt werden kann.

Geräusches einen Nullzustand der Schallempfindung. Ich meine, die Abhängigkeitsverhältnisse der Temperaturempfindung von der äussern Temperatur sind factisch zu verschieden von den Abhängigkeitsverhältnissen der Licht- und Schallempfindung vom äussern Licht- und Schallreize, um ihnen dieselbe Formel aufzuzwingen.

Jedoch der wichtigste Einwand scheint mir in Folgendem zu liegen. Das Grau gewährt uns stets eine positive Lichtempfindung, mögen wir von längerer Betrachtung des Weiss oder des Schwarz dazu übergehen, und zwar, abgesehen davon, dass erstenfalls das Auge ermüdeter ist als zweitenfalls, dieselbe positive Lichtempfindung. Nach der Consequenz von Delboeufs Ansicht und Formel aber gewährt uns das Grau erstenfalls eine Empfindung von dem entgegengesetzten Charakter als zweitenfalls, erstenfalls eine negative, zweitenfalls eine positive Empfindung. Denn um die Empfindung des Weiss zu haben, hat sich das p des Auges dem p' des Weiss nähern müssen, so mehr, je länger das Weiss betrachtet wurde; so dass es endlich über das p' des nachher betrachteten Grau aufgestiegen sein muss, was die Bedingung einer negativen Empfindung des Grau ist. Beim Uebergang von Schwarz zu Grau Alles im entgegengesetzten Sinne. Nun wird man freilich im Uebergange von Weiss zu Grau wirklich empfinden, dass das Grau ein Minus von Helligkeit gegen das Weiss, und bei entgegengesetzter Richtung des Ueberganges, dass es ein Plus der Helligkeit gegen das Schwarz hat; aber das ist eben nur Sache der Empfindung eines Unterschiedes. Die Helligkeitsempfindung des Grau selbst bleibt doch dieselbe, wie 2 dieselbe Zahl bleibt, mag man von 1 oder von 3 dazu übergehen, wenn schon sie dabei gegen 1 in Plus, gegen 3 in Minus gefunden wird. Nun kann Delboeuf entgegenhalten, dass er überhaupt blos Contrastempfindungen statuire; indess ich meine, es sei bei einer Empfindung ihre eigne Stärke, und das Verhältniss des Plus und Minus ihrer Stärke zu andern Empfindungen zu unterscheiden. Denn wozwischen soll das Verhältniss des Plus und Minus stattfinden, wenn man den Empfindungen an sich selbst eine Stärke versagt; es ist dann nichts dazu da. In der That aber scheint mir Delboeuf das, was blos Sache der Unterschiedsempfindung ist, mit dem, was Sache der absoluten Empfindung ist, zu verwechseln oder zu vermischen. Ich habe für jenes die Unterschiedsmassformel, für

dieses die einfache Massformel. Delboeuf hat für beides blos eine Formel.

Mit Vorigem hängt Folgendes zusammen: Da es unter dem schwärzesten Schwarz kein noch lichtärmeres giebt, zu dem man von da übergehen könnte, so kann die Empfindung des reinen Schwarz, wo sie besteht, nach Delboeuf überhaupt nur einen negativen Charakter durch ihr Verhältniss zur Empfindung einer grösseren Helle, die früher eingewirkt hat, haben; hiermit aber kommt der sehr schwache, doch immerhin positive, Werth der Lichtempfindung, den Schwarz am untern Ende der Scala der Lichtempfindungen mit continuirlichem Uebergange durch die Abstufungen des Grau zu Weiss hat, nicht zu seinem Rechte.

Eine Schwierigkeit finde ich auch darin, dass ich mir keine rechte Vorstellung zu machen vermag, wie nach Delboeuf überhaupt eine dauernde Empfindung von Schwarz bestehen kann, und die Empfindung des Schwarz ist doch eine von Nichts unterschiedene Empfindung. Gesetzt, es ist um mich stockfinstre Nacht; ich schliesse überdiess die Augen; ein Lichtreiz seitens der Aussenwelt ist nicht da; jedoch kann ich die Empfindung des Schwarz nach S. 31 noch davon abhängig machen, dass das innere p meines Sehapparates vom p' in dessen Umgebung differirte und im Uebergange von p zum Gleichgewichte mit p' die Empfindung des Schwarz eintrat. Aber es kann doch nicht ewig dauern, bis es eingetreten ist; warum fahre ich doch immer fort, Schwarz zu sehen, warum nimmt die Empfindung desselben nicht wenigstens ab, da nach eingetretenem Gleichgewicht die Empfindung aufhören und im Uebergange dazu sich mindern soll. Delboeuf führt freilich Beispiele an, dass ein continuirlich fortgehendes gleichförmiges Geräusch endlich aufhört gespürt zu werden; aber sollte seine Erklärung davon zulänglich sein, so müsste sie eben sowohl auf Licht als Schall passen.

Ja woher kommt es, dass wir einen ganzen Tag lang dessen Helligkeit verspüren können? Delboeuf erklärt es, verstehe ich ihn nach Théor. p. 39 recht, so. Es giebt um uns objectiv Helleres und Dunkleres; sagen wir einfachster Betrachtung halber Weiss und Schwarz. Bliebe das Auge ganz unbeweglich in demselben Verhältnisse dazu, und wechselten die äussern Helligkeitsverhältnisse selbst nicht, so würde die Empfindung des Weiss wie des Schwarz allmälig aufhören, indem sich das p jeder Stelle des A[illegible]

mit dem p' des darauf fallenden äussern Lichtes ins Gleichgewicht setzte. Aber das Auge geht wechselnd vom Weiss zum Schwarz und umgekehrt herüber und hinüber, oder auch Schwarz und Weiss wechseln äusserlich in ihrer Beziehung zu denselben Stellen der Netzhaut, und so kommt es gar nicht zu einem dauernden Gleichgewicht und wechselt positiver und negativer Charakter der Lichtempfindung an derselben Stelle. Aber sollte diess möglich sein, so müssten wir im Uebergange zwischen positivem und negativem Zustande wiederholt gar nichts oder fast gar nichts mit diesen und jenen Stellen der Netzhaut sehen; indess wir doch mit jeder Stelle der Netzhaut während eines ganzen Tages etwas sehen. (Vgl. auch hiezu Abschnitt XII.)

Endlich finde ich von Delboeuf nur den Contrast einer Empfindung mit der vorhergegangenen Empfindung als von Einfluss auf den Werth der Empfindung berücksichtigt; indess der Contrast, der sich z. B. zwischen nachbarlichem Weiss und Schwarz geltend macht, meines Erachtens eben so sehr berücksichtigt sein will.

Das sind Schwierigkeiten, die mich rücksichtslos auf Delboeufs theoretische Voraussetzungen, von denen ich nur einfach sagen kann, dass ich nichts Bindendes darin finde, hindern, seiner Massformel und deren Verwerthungsweise beizupflichten.

Da Delboeuf seine so schätzbaren Versuche, deren im 17. Abschnitt zu gedenken sein wird, mit Beziehung auf seine frühere Ansicht in der Étude discutirt hat, also nicht zu umgehen sein wird, auch unserseits darauf Bezug zu nehmen, mag Folgendes in Kürze darüber erwähnt werden.

Auch in der Étude nimmt Delboeuf an, dass jedes Sinnesorgan, abgesehen von einem äussern Reize, schon innerlich erregt ist, lässt aber diese innere Erregung, deren Grösse er mit c bezeichnet, eine ganz andre Rolle spielen, als nach seiner jetzigen Ansicht p spielt. An sich selbst gewährt diese innere Erregung c nach ihm auch noch keine Empfindung, sondern bietet blos »un fond vivant et sensible« für das Entstehen einer solchen dar, wonach er auch c bei der Gesichtsempfindung nicht, wie von mir geschieht, mit der Helligkeit des Augenschwarz, von welcher er überhaupt abstrahirt, identificirt wissen will. Anstatt, dass das p der neuern Ansicht mit dem äussern Reize in hohem Grade veränderlich ist, und bis zur Aequivalenz damit ansteigen kann, führt Delboeuf vielmehr c als eine stets klein bleibende Constante in seine Formeln ein, mit dem Zugeständniss, dass sich die Constanz in den Versuchen nicht vollständig bewähre.

Um mit Vermeidung von Schwelle und negativen Empfindungswerthen den Beobachtungen möglichst zu entsprechen, setzt hienach Delboeuf (Étude p. 34, 35):

$$\partial\gamma = K\frac{\partial\beta}{c+\beta}$$

$$\gamma = K\log\frac{c+\partial}{c}$$

wo *K* eine Constante.

Hering.

Herings Einwürfe sind so vielseitig, dass ich nach der ganz allgemeinen Zusammenfassung derselben S. 5 auf eine speciellere Vorführung derselben hier verzichte, um erst in den folgenden Abschnitten — und fast über und in jedem derselben wird man seinen Namen wiederfinden — näher darauf einzugehen. Ueberhaupt hat er die ganze psychophysische Empfindungslehre — bisher insbesondere bezüglich des Gebietes der Lichtempfindungen, doch mit in Aussicht gestellter Erweiterung — von Grund aus neu zu gestalten versucht, und ist dadurch auch positiverseits mit meinen Ansichten in Widerspruch getreten. In seiner 5. und 6. Mittheil. stellt er eine chemische Theorie der Lichtempfindungen auf; und wenn sich nach den Erörterungen unter XIII eine solche überhaupt noch recht wohl mit der, von mir vertretenen, Oscillationsansicht verträgt, ist es doch nicht nach der Fassungsweise des Verfassers. Hauptsächlich aber macht sich der Widerspruch seiner Ansichten gegen die meinigen in der Weise geltend, wie er (in s. 4. Mittheil.) das Verhältniss der Empfindungen von Schwarz und Weiss auffasst, sofern die Empfindung des Schwarz nach ihm eben so positiv als die des Weiss ist, und die verschiedenen Grade der Helligkeitsempfindung durch Zusammensetzung aus verschiedenen Graden der Empfindung des Schwarz und des Weiss repräsentirbar sind.

In so weit Hering überhaupt den Begriff der Intensität noch auf Lichtempfindung und andere Empfindungen für anwendbar hält, setzt er sie (nach p. 21 seiner folgends hauptsächlich zu berücksichtigenden Abhandlung), in Uebereinstimmung mit Mach und so manchen Andern, der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit einfach proportional, statt in logarithmische Abhängigkeit davon, wie von mir geschieht.

Auf die, direct gegen meine Ansichten und Formeln gerichteten Einwürfe Herings gehe ich in einer Mehrheit folgender Abschnitte (V. VI. VII. VIII) ein; auf seine Ansichten über die Empfindungen von Schwarz und Weiss unter XIV, auf seine Ge-

wichtsversuche unter XVIII. Die allgemeinsten Gesichtspuncte von Herings chemischer Theorie findet man mit seinen eigenen Worten in folgender Einschaltung, Specialeres im Anhange zu XIV, wogegen ich unter XIII und XIV meiner, wesentlich davon abweichenden, Ansicht das Wort gebe. Eigene psychophysische Formeln hat Hering meines Wissens bisher nicht aufgestellt, wenn man nicht seine idealen Formeln für die Zusammensetzung der Empfindung des Grau aus denen des Schwarz und Weiss als solche rechnen will.

»Den beiden Qualitäten der Empfindung, welche wir als Weiss oder Hell und als Schwarz oder Dunkel bezeichnen, entsprechen (nach Herings 5. Mitth. p. 9) zwei verschiedene Qualitäten des chemischen Geschehens in der Sehsubstanz, und den verschiedenen Verhältnissen der Deutlichkeit oder Intensität, mit welcher jene beiden Empfindungen in den einzelnen Uebergängen zwischen reinem Weiss und reinem Schwarz hervortreten, oder den Verhältnissen, in welchen sie gemischt erscheinen, entsprechen dieselben Verhältnisse der Intensitäten jener beiden psychophysischen Processe.« . . .

»Wir müssen im nervösen Sehapparate eine Substanz annehmen, welche unter dem Einflusse des einfallenden Lichtes eine Aenderung erleidet, und diese Aenderung, möge sie sich physikalisch charakterisiren lassen, wie sie wolle, ist doch, wie die Nervenphysiologie annehmen muss, zugleich ein chemischer Vorgang. Hat die Einwirkung des Lichtes aufgehört, so kehrt die veränderte (mehr oder minder »»ermüdete««) Substanz früher oder später in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Diese Rückkehr kann wieder nichts Andres sein als eine chemische Aenderung im entgegengesetzten Sinne. Will man die unter dem directen Einflusse des Lichtes stattfindende chemische Veränderung der erregbaren Substanz als eine partielle Consumtion auffassen, so muss man die Rückkehr zur frühern Beschaffenheit als eine Restitution bezeichnen, will man erstere als einen Spaltungsprocess, so muss man letztere als einen synthetischen Process ansehen; den letztern Process, durch welchen die lebendige organische Substanz den durch Erregung oder Thätigkeit erlittenen Verlust wieder ersetzt, pflegt man auch als Assimilirung zu bezeichnen, und ich will diesen Ausdruck beibehalten. Bei der Erregung oder Thätigkeit bildet nun jede lebendige oder erregbare organische Substanz nach allgemeiner Annahme gewisse chemische Producte. Das Entstehen dieser Producte will ich analog als den Process der Dissimilirung bezeichnen.« . . .

»Der Empfindung des Weissen oder Hellen nun entspricht Dissimilirung, der Empfindung des Schwarzen oder Dunklen die Assimilirung der Sehsubstanz. . . . Was uns als Gesichtsempfindung zum Bewusstsein kommt, ist der psychische Ausdruck oder das bewusste Correlat des Stoffwechsels der Sehsubstanz.«

Ueber die weitere Ausführung dieser Sätze ist auf Herings 5. und 6. Mittheil. selbst und den Anhang zu Abschn. XIV zu verweisen.

Langer.

Langer schliesst sich mehrfach den Einwürfen von Helmholtz, Aubert und Hering an, führt solche nach einigen Beziehungen weiter aus und fügt eigene Einwürfe, insbesondere gegen meine Auffassung der negativen Empfindungswerthe und Schwelle, hinzu, wonach er zwar eine logarithmische Massformel noch gelten lässt, diese aber wesentlich anders gestaltet, als von mir geschehen ist.

Vorbehaltlich eines Eingehens in späteren Abschnitten (V. VI. X) auf solche Einwürfe Langer's, worin er mehr oder weniger mit andern Gegnern zusammentrifft, fasse ich für jetzt nur diejenigen ins Auge, die ihm eigenthümlich sind.

1) Als einen ganz fundamentalen Einwand erhebt er gegen die, aus meiner Massformel fliessenden, negativen Empfindungswerthe für Reizwerthe unter der Schwelle den folgenden:

»Die negativen Empfindungswerthe müssen unter allen Umständen solche sein, die mit gleich grossen positiven additiv verknüpft, den Werth 0 geben; diess allein entspricht dem Begriffe des Gegensatzes des Positiven und Negativen. — Dächte man sich einen endlichen Reiz, der die Empfindung γ hervorriefe, und einen andern Reiz, kleiner als der Schwellenwerth, der die Empfindung $-\gamma$ hervorriefe, so müsste das gleichzeitige Wirken beider Reize die Empfindung 0 hervorrufen, wenn die Beziehung bestehen sollte. Bei allem und jedem Gegensatz kommt diese Betrachtungsweise zur Geltung, weil sie die Definition des Gegensatzes der positiven und negativen Grössen ausmacht.«

Nun ist wahr, wenn ich die beiden Reize $\beta = nb$ und $\beta = \frac{b}{n}$ wo n beliebig, b der Schwellenwerth ist, für sich wirken lasse, geben sie $\left(\text{nach meiner Massformel } \beta = k \log \frac{\beta}{b}\right)$ die Empfindungen $+\gamma$ und $-\gamma$; wenn ich sie aber zusammen als $nb + \frac{b}{n}$ wirken lasse, statt der Empfindung 0, vielmehr die Empfindung $k \log \left(n + \frac{1}{n}\right)$, welche grösser ist, als jede der beiden Empfindungen $k \log n$ und $k \log \frac{1}{n}$ für sich. Aber ist es nicht eine seltsame Forderung, dass sie Null geben müssten, um die Aufstellung negativer Empfindungswerthe den positiven gegenüber

als Function von β gerechtfertigt zu finden. Wenn die richtige Definition des Gegensatzes positiver und negativer (dem absoluten Werthe nach gleicher) Grössen die ist, dass beide zusammen Null geben, so folgt daraus doch nicht, dass bei functioneller Abhängigkeit derselben von andern Werthen, auch die Function der Summe dieser Werthe gleich Null sei. Z. B.:

Die Winkelfunctionen cos. 0° und cos. 180° stehen in mathematischem Gegensatze als $+1$ und -1, indem sie zusammen 0 geben. Nun füge man den Winkel 0° zu 180°, und nehme den Cosinus vom Resultat, so hat man nicht 0, wie Langer fordert, sondern -1. Also wird man auch nicht fordern dürfen, damit

$$+\gamma = k \log n \text{ und } -\gamma = k \log \frac{1}{n}$$

in mathematischem Gegensatze stehen, dass der Reiz nb mit dem Reize $\frac{b}{n}$ zusammen genommen die Empfindung Null gebe.

2) Langer drückt (p. 58) das, durch unsere Fundamentalformel (S. 10)

$$\partial\gamma = K\frac{\partial\beta}{\beta}$$

ausgedrückte Webersche Gesetz nur mit andern Zeichen und in andrer Stellung derselben so aus

$$u = k\beta$$

wo u den eben merklichen Reizunterschied $\partial\beta$, und k den, für constantes $\frac{u}{\beta}$ constanten Werth $\partial\gamma$ unsrer Formel vertritt, und findet das Gesetz unzulänglich, einmal, weil der Werth $\frac{u}{\beta}$ nach den Versuchen, insbesondere von Aubert, bei steigendem β für einen gewissen Werth von β einen Minimalwerth (hiemit die relative Unterschiedsempfindlichkeit einen Maximalwerth) erlangt, zweitens, »weil das Gesetz in Widerspruch mit der Thatsache der Schwelle steht, da der eben merkliche Reizunterschied in die Reizschwelle übergehen muss, wenn β der kleinere der, den eben merklichen Reizunterschied u bildenden Reize ist.«

Was nun Erstres anlangt, so deckt freilich das Webersche Gesetz, als fundamental für die innere Psychophysik aufgestellt, das Eintreten jenes Minimalwerthes nicht; aber ehe man diess Eintreten selbst fundamental gegen das Webersche Gesetz geltend macht, ist jedenfalls erst zu untersuchen, ob es nicht zu den expe-

rimentalen Abweichungen gehört, die das fundamentale Gesetz überhaupt nicht decken kann. Gegen meine im 6. Abschnitt vertretene Ansicht, dass es dazu gehöre, lässt sich freilich streiten. Wenn nun Langer selbst blos die Absicht hatte, eine experimental zutreffende Formel aufzustellen, worüber man in Zweifel bleibt, hätte doch noch viel mehr, als die Aufnahme jenes Umstandes in seine Formel dazu gehört, sie auch experimental zu rechtfertigen, eben so aber noch viel mehr, als man bei Langer findet, die Nichtaufnahme jenes empirischen Umstandes in das, als fundamental aufgestellte, Webersche Gesetz gegen dasselbe geltend machen zu können.

Was das Zweite anlangt, so wird der Thatsache der Schwelle durch das Webersche Gesetz nur nach einer Auffassung der Schwelle widersprochen, die von der unsrigen wesentlich abweicht, und mit Langer's Einwürfen gegen unsere negativen Empfindungswerthe zusammenhängt, worüber einige Worte in folgender Einschaltung.

Die Forderung Langer's, dass für $\beta = 0$ der Werth u gleich der Reizschwelle werde, hängt damit zusammen, dass er einen Nullwerth der Empfindung nicht, wie von uns geschieht, bei einem endlichen Werthe von β, sondern beim Nullwerthe von β annimmt, also im Sinne seines obigen Einwurfs keine negativen Empfindungswerthe statuirt, indess nach meiner Auffassung mit einer Reizschwelle negative Empfindungswerthe solidarisch sind. Was Langer Reizschwelle nennt und wie wir mit b bezeichnet, scheidet zwar auch nach ihm bewusste von unbewussten Empfindungen, aber unbewusste Empfindungen sind ihm doch auch nur sehr kleine Empfindungen, und der Unterschied, den er zwischen seinen bewussten und unbewussten Empfindungen macht (p. 54), ist mir nicht recht klar geworden; man möge Langer selbst darüber nachlesen. Weitere Bemerkungen darüber siehe im 10. Abschnitt.

3) Auf p. 21 stellt Langer eine Betrachtung an, woraus er folgert: sollten eben merkliche Unterschiedsempfindungen wirklich gleichen Unterschiedsempfindungen zugehören, so müsste man annehmen können, dass »die Unsicherheit, mit der man sich einer vergangenen Empfindungsgrösse erinnert, die Grösse, um die man bei der Beurtheilung der Empfindung durch das Gedächtniss von der wahren Empfindung abweichen kann, von der Grösse der Empfindungen völlig unabhängig sei«, was zwar der Theorie zu Liebe hypothetisch anzunehmen möglich, aber nichts weniger als wahrscheinlich sei. — Nun meine ich aber, da die Unterschiedsempfindungen wie einfache Empfindungen psychophysisch als Function von Reizunterschieden und Reizen auftreten, dass die Discussion

über den betreffenden Einfluss der Erinnerung gar nicht, wie von Langer geschieht, im reinen Empfindungsgebiete gehalten, sondern mit Rücksicht auf die Reize geführt werden muss, und stelle ihr folgende kurze Betrachtung entgegen.

Lässt man das Gesetz zu, dass Reizunterschiede in verschiedenen Höhen der Reizscala durch die Empfindung gleich geschätzt werden, wenn sie ein gleiches Verhältniss zu ihren Reizen haben, so werden auch die Durchschnittsfehler, die man unter sonst gleichen Umständen (unter Vermeidung oder Elimination constanter Fehler) bei Gleichschätzung zweier Reize in verschiedenen Höhen der Reizscala begeht, ein gleiches Verhältniss zu ihren Reizen haben müssen (worauf sich die Methode der mittlern Fehler stützt), und es wird diess also auch von den Schätzungsfehlern gelten, die man wegen mangelhafter Erinnerung begeht, wenn nur, abgesehen von der abgeänderten Grösse der Reize, die übrigen Verhältnisse, wovon die Haltbarkeit der Erinnerung abhängt, gleich gehalten werden, also die Aufmerksamkeit immer, oder bei vielen Versuchen für jeden Reizgrad durchschnittlich, auf gleicher Höhe gehalten, und die Zwischenzeit zwischen den Reizeinwirkungen immer, respectiv durchschnittlich, gleich gehalten wird. Unter dieser, allerdings wesentlichen, und von mir selbst immer eingehaltenen, Bedingung kann aber durch die Schätzungsfehler aus mangelhafter Erinnerung keine Störung des obigen Gesetzes stattfinden, weil sie selbst das obige Gesetz befolgen.

4) Hiezu noch einige Kleinigkeiten: Wie Langer (p. 4) sagen kann, »dass ich die Abweichungen der Zahlen vom Weberschen Gesetze bei meinen [Gewichts-] Versuchen in die Reihe der Beobachtungsfehler verwiesen habe«, ist mir unverständlich, da mir das in der That nicht eingefallen ist, worüber die Discussion dieser Versuche in den Elem. keinen Zweifel lassen kann. — Nicht minder irrt Langer, wenn er (p. 35) sagt: »von Fechner ist die Gültigkeit seines psychophysischen Gesetzes auch für die extensiven Empfindungen in derselben Weise wie für alle andern Reize ausgesprochen worden«, da aus Elem. II. 336 (vergl. auch folgends Abschn. VII) das gerade Gegentheil hervorgeht. — Endlich weiss ich nicht, welchen Mangel meiner Gewichtsversuche Langer (p. 84) damit bezeichnet, dass ihn Hering vermieden haben soll.

Was die Formeln anlangt, welche Langer den meinigen substituirt, so geht er dabei von jenen beiden Bedingungen aus,

1) dass der eben merkliche relative Reizunterschied $\frac{u}{\beta}$ ein Minimum bei einem gewissen endlichen Reizwerthe hat, und

2) dass für $\beta = 0$ der Werth u gleich dem Schwellenwerthe b (in Langers Sinne) werde, und setzt als einfachsten Ausdruck beider Bedingungen (p. 58)

$$u = k\beta^2 + b$$

wo k eine Constante; als einfachst mögliche Annahme für die Abhängigkeit der psychischen von der physischen Aenderung (p. 60) aber: »dass die Aenderung der Empfindungsunterschiede ihrer Grösse nach der Grösse der Reize, die das eben merkliche Reizintervall bilden, direct proportional sei«. Auf Grund dieser Voraussetzungen kommt er durch eine ausgeführte Analyse zu folgender Massformel (p. 62):

$$\gamma = \frac{\mathfrak{k}}{2k} \text{ log. nat. } \frac{k\beta^2 + b}{b}$$

womit folgende Fundamentalformel zusammenhängt:

$$\partial\gamma = \frac{\mathfrak{k}\beta\partial\beta}{k\beta^2 + b}$$

Darin bedeutet b die constante Reizschwelle in Langers Sinne, $\mathfrak{k}$, k andere Constanten.

Diese Formeln repräsentiren natürlich die theoretischen Voraussetzungen des Verf. sammt der experimentalen Thatsache jenes Minimum, sofern sie darauf gegründet sind, ohne einen Beweis, dass jene Voraussetzungen haltbar sind, und dass diese Thatsache eben so für die innere Psychophysik, wofür eine fundamentale Formel zu gelten hat, als für die äussere Psychophysik besteht. Numerisch mit Beobachtungen verglichen sind sie vom Verf. nicht.

Jedenfalls wird es Niemand von vorn herein wahrscheinlich finden, dass so complicirte Formeln eine fundamentale Bedeutung für die Beziehung zwischen psychischen und physischen Werthen haben.

Ausser der obigen Massformel entwickelt Langer (p. 65) mittelst demgemässer Bestimmung der Integrationsconstante noch eine andere für den Fall, dass man blos bewusste Empfindungen in seinem Sinne, wo der Reiz den Langerschen Schwellenwerth b übersteigt, in Betracht ziehen will, wonach man hat

$$\gamma = \frac{\mathfrak{k}}{2k} \text{ log. nat. } \left(\frac{k\beta^2 + b}{kb^2 + b}\right)$$

Für $\beta < 0$ giebt diese Formel negative, hiemit nach Langer unbrauchbare, Werthe von γ.

V. Einwand, dass das Webersche Gesetz unrichtig aus den Versuchen gefolgert sei (**Brentano, Hering, Langer**).

Mit dem Schwellengesetze und dem Weberschen Gesetze würde mein psychophysisches System überhaupt fallen, sofern die andern Hauptgesetze desselben sich darauf stützen. Nun wird sich gegen erstres Gesetz experimentalerseits kaum etwas einwenden lassen, desto mehr ist gegen das zweite eingewandt worden, und so liegt eine Grundfrage für die Haltbarkeit des ganzen Systems darin, ob die Einwände gegen dieses Gesetz Recht haben.

Nach früherm Ausspruche des Weberschen Gesetzes beruht dasselbe darin, dass die, gegebenen Reizunterschieden, Reizzuwüchsen zugehörigen Empfindungsunterschiede, Empfindungszuwüchse einander gleich bleiben, wenn die Reizunterschiede, Reizzuwüchse, dasselbe Verhältniss zu den Reizen, wozwischen der Unterschied besteht, wozu der Zuwachs stattfindet, behalten, kurz wenn der relative Reizunterschied sich gleich bleibt, oder auch, wenn die Reize dasselbe Verhältniss zu einander behalten, ohne dass es dabei auf die absolute Grösse der Reizunterschiede und Reize ankommt.

Aber, wendet man ein (Brentano, Hering, Langer), von einem solchen Gesetze sagen doch die, im Allgemeinen auf kleine Empfindungsunterschiede, Empfindungszuwüchse bezüglichen, Thatsachen nichts, aus denen das Gesetz abgeleitet sein soll. Sie sagen blos, dass der Empfindungsunterschied immer eben merklich bleibt, wenn der relative Reizunterschied gleich bleibt; aber dass eben merkliche Empfindungsunterschiede bei verschiedenen Reizgraden einander immer gleich sind, ist eine ganz willkührliche Annahme, und doch stützt sich die Fundamentalformel als Ausdruck des Weberschen Gesetzes, und in Folge dessen die Massformel auf diese Annahme.

Hierauf habe ich Folgendes zu erwidern:

Wenn man bei den Versuchen mit eben merklichen Unterschieden nicht ausdrücklich darauf achtet, dass sie möglichst gleich für die Empfindung erscheinen, so ist freilich natürlich, dass es nicht der Fall sein wird; aber es hat mir selbstverständlich geschienen, dass man darauf achte. Inzwischen habe ich diess noch ausdrücklicher als in den Elementen, wo ich der Massmethoden nur

kurz gedenke, in meinen Vorlesungen über diese Methoden mit folgendem Satze ausgesprochen:

»Die Erfahrung lehrt, dass man sich bei den Versuchen so zu sagen mit sich selbst über das Gefühl eines kleinen, doch noch sicher empfundenen, Unterschiedes verständigen, dieses, wenn nicht absolut, doch nahe genau bei verschiedenen Versuchen reproduciren, und durch Vervielfältigung der Versuche ein zuverlässiges mittleres Resultat erhalten kann.«

Nun kann ich nicht versichern, dass alle Beobachter bei den Versuchen so verfahren, wie mir scheint, dass zu verfahren sei, soll nicht die Methode überhaupt illusorisch werden. Hering freilich versichert mir in der zwischen uns geführten Correspondenz, dass er und die von ihm zu den Versuchen zugezogenen Schüler nicht so verfahren, und eine Beurtheilung der Gleichheit empfundener kleiner Unterschiede bei verschiedenen Reizgraden gar nicht möglich sei; obwohl ich meine und für mich finde, dass sie bis zu gewissen Grenzen doch möglich ist, und jeder zugestehen muss, dass die Ungleichheit von Empfindungsunterschieden auch bei verschiedenen Reizgraden gewisse Grenzen überhaupt nicht überschreiten kann, ohne als Verschiedenheit erkannt zu werden. Aber gleich viel, es kommt wenig darauf an; denn, wenn schon man meines Erachtens bei Anwendung der Methode die Abweichung von der Nullempfindung eines Unterschiedes unter Anwendung verschiedener Reizgrade wirklich möglichst gleich zu halten suchen muss, so lässt sich doch leicht zeigen, dass eine Ungleichheit dieser Abweichung das aus den Versuchen zu folgernde Gesetz nicht erheblich stören kann, so lange sie nur selbst sehr klein bleibt*), wie es im Begriffe der Methode der eben merklichen Unterschiede liegt. Denn dann kann die Abweichung einmal doppelt so gross sein, als das andremal, und es wird diess für die Folgerungen, die man aus den Versuchen über die Gültigkeit des Gesetzes in meiner Fassung desselben ziehen will, nichts mehr noch weniger bedeuten, als bei Versuchen in andern Gebieten ein doppelter zufälliger Beobachtungsfehler bedeutet; ohne Beobachtungsfehler aber kommt man nirgends weg. Und das ist eigentlich

*) Unter sehr klein verstehe ich so klein, dass der zur Abweichung der Unterschiedsempfindung vom Nullunterschiede zugehörige Zuwachs des Reizunterschiedes ein kleines Verhältniss zum Reizunterschiede selbst, welcher der genauen Nullempfindung des Unterschiedes entspricht, hat.

der Cardinalpunct der Methode. In der That, setzen wir beispielsweise, es verschwände bei Gewichtsversuchen einmal ein Unterschied von 5 Grammen, ein andermal, bei stärkeren Gewichten, von 10 Grammen, bei möglichst gleich gehaltenen Nebenumständen genau für die Empfindung, so wird man doch beidesfalls bei der Methode der eben merklichen Unterschiede den physischen Unterschied ein wenig erhöhen müssen, um ihn noch sicher merklich zu finden, weder im Gebiete des Unmerklichen zu bleiben, noch in die anders zu behandelnde Methode der richtigen und falschen Fälle hinein zu gerathen. Sei diess nun einmal wegen nicht gelungener Gleichheitsschätzung um 0,1 Gramm, das andremal um 0,2 oder 0,3 Grammen, so wird man doch eben nur einen Irrthum von der Ordnung der Beobachtungsfehler begehen, wenn man sagt: ich empfand den Unterschied merklich gleich einmal bei 5,1, das andremal bei 10,3 Grammen, denn man schliesst bei den Versuchen zu dem angegebenen Zwecke nicht aus dem Grössenverhältniss von 0,1 zu 0,3, sondern von 5,1 zu 10,3 Grammen, und man darf überdiess voraussetzen, dass die Schätzungsfehler des eben merklichen Unterschiedes selbst unter dem Einflusse des Weberschen Gesetzes stehen. Könnte man freilich die Schwelle des Unterschiedes bei allen Versuchen genau treffen, so wäre es um so besser; nun nähert man sich doch bei der Methode der eben merklichen Unterschiede diesem Falle.

Bei alledem ist diese Methode nicht die genaueste, sondern nur bequemste, und steht andern Methoden in erster Beziehung nach, ohne dass desshalb alle mit derselben erhaltenen Resultate zu verwerfen sind, worüber ich mich schon in den Elementen ausgesprochen habe. Es stützt sich aber das Webersche Gesetz keineswegs allein auf die Methode der eben merklichen Unterschiede, kann sich vielmehr zuvörderst im Gebiete der Lichtempfindungen mit auf die Sterngrössenschätzungen berufen. Die mit ganzen Zahlen bezeichneten Sterngrössen aber sind so weit entfernt, blos um eben merkliche Unterschiede von einander abzuweichen, dass die Astronomen sogar noch Zehntelgrössen dazwischen einschalten. Auf ein analoges Princip kommt Plateaus Methode zurück. In grösserer Allgemeinheit aber stützt sich das Gesetz mit auf die Resultate der Methode der mittleren Fehler und der richtigen und falschen Fälle, welche sich, so weit bisher Vergleiche möglich waren, mit denen der Methode der eben merklichen Unterschiede

einstimmig gezeigt haben, und unter den zur Elimination constanter Fehler geeigneten Massnahmen viel freier von subjectiven Schätzungsfehlern sind, als die Methode der eben merklichen Unterschiede. Die Einwände gegen die Ableitung des Weberschen Gesetzes aus den Resultaten der Methode der eben merklichen Unterschiede, sollten sie überhaupt haltbar sein, würden also dennoch fruchtlos bleiben, so lange sie sich nicht auf die andern Methoden zu erstrecken vermögen.

Nun lässt sich allerdings gegen sämmtliche Methoden, mit Einschluss der Methode der eben merklichen Unterschiede, ein Einwand aus einem Gesichtspuncte erheben, den Brentano (p. 88) im Auge hat*), wenn er zwar zugesteht, dass eben merkliche Zuwüchse der Empfindung gleich merklich sind, desshalb aber noch nicht, dass sie gleich sind, den Hering in der Correspondenz mit mir mit besonderm Gewichte geltend macht, und auf den (betreffs der Erinnerungskraft) auch Langer (p. 23 ff.) zu sprechen kommt.

Möge sich der Einwand hier an Gewichtsversuchen erläutern.

Man hebt ein Gewicht; es erweckt eine gewisse Empfindung, man hebt nach einiger Zeit ein stärkeres Gewicht; es erweckt eine stärkere Empfindung. Diese Empfindungen sind gegeben; der Unterschied dieser Empfindungen ist gegeben, ist ein ganz bestimmter und fester, unabhängig davon, wie er mir scheint, wenn ich ihn mit Zuziehung der ja gar nicht sichern Erinnerung nach Vergleich des zweitgehobenen Gewichts mit dem ersten beurtheile. Je nach der Zwischenzeit der Hebungen, je nach der Aufmerksamkeit, die ich angewandt habe, je nach der Anbringungsweise der Gewichte, je nach subjectiven Stimmungen, überhaupt nach den verschiedensten Nebenumständen werde ich den Unterschied verschieden, null, deutlich oder undeutlich finden können, während er doch in bestimmter Grösse ein- und derselbe bleibt, und jedenfalls wird der wirkliche Unterschied der Empfindungen (Empfindungsunterschied nach mir) erst eine gewisse Grösse haben müssen, um als daseiend (als empfundener Unterschied oder Unterschiedsempfindung nach mir) überhaupt erkannt zu werden, während doch viel kleinere Unterschiede schon wirklich bestehen.

*) Dass diess der Fall sei, erkenne ich deutlicher aus der Correspondenz mit ihm, als aus seinem Werke selbst.

Nun fragt man, wenigstens kann ich den etwas minder klar ausgesprochenen Einwand nur so auslegen: wie kannst du behaupten, dass die *wirklichen* Unterschiede beider Empfindungen, deine Empfindungsunterschiede, einander gleich sind, wenn die *scheinbaren* Unterschiede, deine empfundenen Unterschiede einander gleich sind, während doch diese bei denselben wirklichen Unterschieden eine ganz verschiedene Grösse haben können? Dein ganzes psychophysisches Formelgebäude aber beruht auf dieser nicht nur unbewiesenen, sondern geradezu falschen Voraussetzung.

Hiegegen folgendes: Ich setze voraus, und meine, es ist eine ziemlich selbstverständliche Voraussetzung, dass die Grösse, welche mir der Unterschied beim Versuche zu haben scheint, von zweierlei abhängt: erstens von der Grösse des *wirklichen* Empfindungsunterschiedes, zweitens von Nebenumständen, wie deren oben gedacht ist. Hiemit verbinde ich die zweite Voraussetzung, wieder die natürlichste, die sich machen lässt, dass, wenn bei den Versuchen mit variabeln Reizgrössen die Nebenumstände *gleich* gehalten werden, die Constanz des scheinbaren Empfindungsunterschiedes nur von einer Constanz des wahren abhängen kann, kurz, dass der wirkliche Empfindungsunterschied constant bleibt, wenn der scheinbare oder empfundene constant bleibt und wenn die Nebenumstände constant bleiben, und weiss in der That nicht, welche wahrscheinlichere oder überhaupt andere Voraussetzung ich überhaupt stellen soll. *Aufgabe einer jeden guten Versuchsreihe in diesem Felde aber ist*, die Nebenbedingungen, die auf Abänderung des empfundenen Unterschiedes Einfluss haben können, durch die ganze Versuchsreihe mit abgeänderten Reizverhältnissen hindurch *möglichst* constant zu erhalten, oder Ungleichheiten, die sich nicht vermeiden lassen, durch Entgegensetzung in gleichzahligen Versuchen zu compensiren, und hiemit constante Fehler zu eliminiren; und man kann sich aus meinen Elementen Th. I. p. 99 überzeugen, dass ich meinerseits bei den Gewichtsversuchen keine Sorgfalt in dieser Hinsicht gespart habe; indess sich bei andern Beobachtern wenigstens die *selbstverständlichen* Vorsichten in dieser Hinsicht selbstverständlich als genommen ansehen lassen. Wenn aber nicht alle Beobachter *alles* Erforderliche in dieser Hinsicht beobachtet haben, und namentlich von einseitiger Richtung der Versuche abhängige constante Fehler weder überall hinreichend vermieden,

noch auch die Versuche in geeigneter Weise zur Elimination derselben angestellt sind, so meine ich, dass diess vielmehr nur zu den empirischen Abweichungen vom Gesetze, als zu der, doch im Ganzen durchgreifenden, approximativen Bestätigung des Gesetzes auf dem Versuchswege hat beitragen können.

Fragt sich, ob nicht hiegegen neue Einwürfe übrig bleiben. Natürlich kann man die abgeänderte Grösse des Hauptgewichts nicht selbst als einen Nebenumstand geltend machen, welcher die Beurtheilung des Empfindungsunterschiedes alterire, wenn es doch eben gilt, die Abhängigkeit des Empfindungsunterschiedes von den abgeänderten Reizverhältnissen zu untersuchen. Hering setzt voraus, dass die wirkliche Gewichtsempfindung proportional mit dem Gewichte wachse, dass also der Zuwachs 1 zu dem Gewichte 1 die Gewichtsempfindung 1 um 1, der Zuwachs 1 zum Gewichte 2 die Empfindung 2 wieder um 1 wachsen lasse. Bei Versuchen mit kleinen Gewichtszuwüchsen unter Abänderung des Hauptgewichts bestätigt sich diess Gesetz nach Herings eigenen Versuchen (s. XVIII) nicht; und wollte man nun annehmen, diess hinge davon ab, dass die Grösse des Gewichtes das Urtheil über die Grösse des Empfindungsunterschiedes alterire, so würde man natürlich fragen, warum diess nicht auch bei den grossen Zuwüchsen von 1 zu 1, von 1 zu 2 der Fall sei, wie also das Heringsche Gesetz damit bestehen könne, kurz, geriethe in einen innern Widerspruch. Inzwischen nimmt ein Einwurf, den mir Hering theils in seiner Schrift, theils brieflich gemacht, vielmehr die Wendung, dass mit Veränderungen des Hauptgewichts bei Gewichtsversuchen, der Lichtintensität bei Lichtversuchen, im Grunde überall, Veränderungen der Nebenumstände, die wirklich als solche zu zählen haben, heraufbeschworen werden, welche die Voraussetzung constant erhaltener Nebenumstände trotz aller darauf verwandten Sorgfalt nicht bestehen lassen, und die Abweichung der Versuchsresultate von dem Gesetze der Proportionalität eben so erklären, als die scheinbare Annäherung an das Webersche Gesetz begründen.

In dieser Beziehung bemerkt Hering zuvörderst (p. 28) bezüglich der Lichtversuche im Verfolg einiger, hier zunächst nicht einschlagenden, Betrachtungen: dass sich erstens die Pupille mit steigender Beleuchtung der sichtbaren Dinge verkleinere, bei abnehmender vergrössere, hiedurch dem Lichte respectiv weniger

oder mehr Zugang gestatte, zweitens aber auch der nervöse Apparat des Auges sich der veränderten Beleuchtung adaptire, d. h. die Empfindlichkeit desselben bei verstärkter Beleuchtung abnehme, wie diess längst durch schlagende Thatsachen erwiesen, in neuerer Zeit von Aubert genau untersucht und schliesslich von ihm selbst auch einer physiologischen Erklärung unterworfen worden sei; und schliesst (p. 29) mit folgender Bemerkung: »Fechner hat, als er die Gültigkeit seines Gesetzes für die Lichtempfindungen erörterte, auf die Adaption weder der Pupille noch der Netzhaut, die erforderliche Rücksicht genommen.«

Letzteres nun kann ich in keiner Weise zugestehen, vielmehr scheint mir, dass weder Aubert noch Hering auf das, was ich im 12. Abschnitt meiner Elemente (Th. I. p. 300) über die Adaption (wenn schon nicht unter diesem Namen) nach fremden und eigenen Versuchen auseinandergesetzt habe, erforderlich Rücksicht genommen haben, aus welcher Auseinandersetzung hervorgeht, dass bei Versuchen über Unterschiedsempfindlichkeit, wie sie zur Begründung des Weberschen Gesetzes gehören, die sog. Adaption als störend nur bei so schwachem äussern Lichteinfluss in Betracht kommt, dass die innere Helligkeit des Augenschwarz ein erhebliches Verhältniss dazu gewinnt*), was in die sog. untere Abweichung vom Weberschen Gesetze hineintritt und an derselben mit Schuld ist. Dasselbe gilt von den Veränderungen der Pupillenweite; und der gemeinsame Gesichtspunct dafür ist, dass die beiden Componenten, deren Unterschied beobachtet wird, von dem verstärkenden oder schwächenden Einflusse der Adaption oder Pupillenänderung (respective innerlich oder äusserlich) in gleichem Verhältnisse betroffen werden.

Ganz anders verhält es sich mit Versuchen über die a b s o l u t e Empfindlichkeit; hier spielt die Adaption eine wichtige Rolle, aber es scheint mir, dass man bei Geltendmachung des Einwandes beides gar nicht klar unterschieden hat.

Hätte übrigens die Adaption bei nicht zu schwachen Lichtintensitäten den grossen Einfluss in den Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit, welchen Aubert und Hering ihr beilegen, so hat ja Aubert bei den, von ihm massgebend gehaltenen, Ver-

---

*) Auberts Versuche über Adaption sind in der That bei sehr schwachem Lichteinfluss angestellt.

suchen den Einfluss derselben möglichst berücksichtigt und beseitigt, worüber sich p. 68 seiner Schrift eine Angabe findet, und er könnte selbst den Werthen seiner Versuchstabellen gar nicht die Bedeutung beilegen, die er ihnen beilegt, wenn er sie nicht als solche, welche von Störung durch Adaption möglichst frei sind, gäbe. Woher dann doch die, freilich von Aubert nicht hervorgehobene, aber aus seinen Versuchen folgende, grosse Approximation der Resultate an das Webersche Gesetz, deren ich im 16. Abschnitt gedenke, wenn man nur seine Versuche nicht bis zu gar zu kleinen Intensitäten unter den gewöhnlichen Augengebrauch herab verfolgt, deren Mitberücksichtigung freilich das Gesetz ganz fehlerhaft erscheinen lässt.

In Betreff der Gewichtsversuche mögen folgende Bemerkungen aus einem Schreiben Herings an mich in wörtlicher Wiedergabe Platz finden.

1) »Wenn wir zwei verschiedene Gewichte nach einander zum Zwecke der Unterscheidung derselben heben, so geben wir unsern Muskeln bei beiden Hebungen denselben Willensimpuls, denn wir wissen ja von vorn herein nicht, welches Gewicht die grössere Muskelanstrengung erfordern würde. Das leichtere Gewicht geht nun rascher in die Höhe als das schwerere, und wir unterscheiden sehr wohl die raschere Bewegung des gehobenen Armes von der langsameren. Denn jede Bewegung des Armes giebt uns eine ganze Reihe sogenannter Bewegungsempfindungen, die sich nun bei dem leichtern Gewichte schneller folgen, als bei dem schwerern. Wir haben für jede Muskelmotion einen Controlsinn. Für die Muskeln der Extremitäten wird die Controle durch die Bewegungsempfindungen vermittelt, welche in den sensibeln Nerven der Haut, besonders in den Gelenkgegenden, so wie gewisser tiefer gelegener Theile entstehen.«

2) »Wir fühlen die Anstrengung, welche wir nöthig haben, um das Gewicht überhaupt zu halten, denn erst müssen wir es halten, ehe wir es heben können. Wir fühlen ferner die Muskelanstrengung, welche zum Heben selbst nöthig ist, endlich diejenige, welche wir aufwenden müssen, um während des Hebens das Gleichgewicht des Gesammtkörpers oder beim Sitzen wenigstens des Oberkörpers zu erhalten.«

3) »Es entstehen bei der Gewichtshebung Empfindungen von Druck und Zug an den Hautstellen, mit denen die Last gehalten

wird und an welchen dieselbe gleichsam eingreift. Diese Empfindungen sind um so stärker und um so ausgebreiteter, je grösser das Gewicht ist. Sie verändern sich während der Hebung sehr bedeutend und die Art ihrer Aenderung ist bei schweren Gewichten eine andre als bei leichtern.«

»Diess ist nur eine flüchtige Skizze der mannigfaltigen Empfindungen, welche hier in Betracht kommen. Es hängt nun ganz von der Grösse der Gewichte, von der Art der Hebung, von der Körperstellung etc. ab, ob wir unsere Aufmerksamkeit beim Heben mehr der einen oder andern Gruppe von Empfindungen zuwenden. Jedenfalls wird der ganze Empfindungscomplex immer vielgliedriger und ausgebreiteter, je grösser das gehobene Gewicht ist.«

»Sie verfahren einigermassen summarisch, indem Sie diese ganze grosse Mannigfaltigkeit von Empfindungen kurzweg unter dem Begriffe der Intensität zusammen fassen und die höchst verschiedenartigen Aenderungen des Empfindungscomplexes in Zusammensetzung, zeitlicher Folge, räumlicher Verbreitung etc. kurzweg als Intensitätsänderungen bezeichnen.«

»Da sich, wie ich erwähnte, immer neue Empfindungen hinzugesellen, wenn das Gewicht schwerer wird, und sich die Gesammtempfindung immer mehr complicirt und immer neue Haut- und Muskelbezirke ergreift, so scheint es mir von vorn herein äusserst wahrscheinlich, dass so zu sagen die Uebersichtlichkeit der Empfindung und die sichere Auffassung derselben immer mehr leidet, und dass immer grössere Verschiedenheiten des Empfindungscomplexes und entsprechend grössere Gewichtsunterschiede nothwendig sind, um den gleichen Grad von Merklichkeit der Verschiedenheit und die gleiche relative Zahl richtiger Entscheidungen zu erhalten. So erklärt sich also, dass »»intensivere«« Gewichtsempfindungen auch grössere »»Intensitätsunterschiede«« fordern, wenn die Merklichkeit des Unterschieds dieselbe bleiben soll.«

Hiegegen Folgendes.

Von einem Theile der, im Vorigen geltend gemachten, Nebenumstände werden jedenfalls meine eigenen, in den Elementen angeführten, Gewichtsversuche nicht getroffen. Ich habe das schwerere Gewicht nicht langsamer gehoben, als das leichtere, sondern Zeit und Höhe der Hebung nach bestimmt abgegrenztem Zeit- und Raummass gleich gehalten, nicht die Gewichte erst eine Zeit lang

gehalten, ehe ich sie gehoben, sondern jedes zu dem, durch den Zähler bestimmten, Zeitpunct unmittelbar vom Boden gehoben. (Man sehe hierüber meine Elemente.) Was Hering sonst bemerkt, betrifft im Allgemeinen eine Zusammensetzung von Empfindungen, die sich mit dem Gewichte zugleich steigern, weil sich die körperlichen Veränderungen, von denen sie abhängen, damit zugleich steigern. Wenn also das Webersche Gesetz eine gewisse Allgemeinheit hat, so wird aus dieser Complication keine Störung desselben hervorgehen können, es wird sich eben auf die ganze Complication erstrecken. Hierin liegen noch keine störenden Nebenumstände für die Constatirung des Gesetzes überhaupt, sondern es wird dadurch nur die Specialisirung desselben für die einzelnen Gebiete gehindert. Aber ich gebe zu, dass mit all' dem, was meines Erachtens gar nicht so unterschiedslos zu coordiniren ist, als es von Hering geschehen, denkbar bleibt, dass wirklich mit vergrössertem Hauptgewichte Nebenumstände sich ändern, ohne dass man mit aller Sorgfalt diese Aenderung verhüten kann, und meine nur wieder, dass das eben so wie die Fehler in Handhabung der Methoden vielmehr geeignet sein kann, die experimentalen Abweichungen vom Gesetze als die approximative Bestätigung desselben durch Versuche zu erklären.

Nun freilich glaubt Hering auch durch directe Versuche mit Gewichten die Untriftigkeit des Weberschen Gesetzes beweisen zu können; hierauf aber gehe ich im 18. Abschnitt besonders ein.

VI. Einwände wegen der experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze (Aubert, Delboeuf, Hering, Langer).

Sofern die Gesetze des 2. Abschnitts als streng, als fundamental, nur für die Abhängigkeit der Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit in Anspruch genommen sind, können sie sich durch Versuche über die Abhängigkeit der Empfindung vom äusseren Reize nur in so weit bestätigen, als man annehmen kann,

1) dass der äussere Reiz eine ihm proportionale psychophysische Thätigkeit auslöst;

2) dass nicht unabhängig von der äussern Reizeinwirkung

schon innerlich eine gewisse psychophysische Erregung von der Natur der durch den Reiz auslösbaren vorhanden ist, die eigentlich dieser zuzurechnen wäre.

In der That aber finden offenkundige Störungen der experimentalen Bewährbarkeit des Weberschen Gesetzes aus beiden Ursachen statt.

Wenn die Reizeinwirkung so stark wird, dass das Sinnesorgan zerstört wird, oder in Annäherung daran leidet, lässt sich die Proportionalität zwischen Reiz und psychophysischer Erregung nicht mehr erwarten; ja, da der Quell der psychophysischen Kraft, die zum Zustandekommen einer Empfindung gehört, unstreitig eben so beschränkt im Menschen ist, wie der Quell lebendiger Kraft, die zum Zustandekommen der Muskelbewegung gehört, so kann man es nicht befremdend finden, wenn selbst noch, bevor das Sinnesorgan leidet, die durch steigende Reizgrade ausgelöste psychophysische Thätigkeit hinter der Proportionalität mit dem Reize zurückbleibt.*) Von andrer Seite beweist sich durch mancherlei Thatsachen, dass auch die zweite Ursache der Abweichung nicht fehlt. In jedem Sinnesgebiete können Hallucinationen abhängig von innerer Erregung entstehen; es ist mindestens sehr wahrscheinlich, dass diess blos die Verstärkung einer überall schon in schwachem Grade (unter der Schwelle) vorhandenen innern Erregung sei. Das Schwarzsehen des Auges beim Schlusse oder in völligem Nachtdunkel (ganz abweichend vom Nichtssehen des Fingers), beweist für das Auge sogar eine normalerweise schon bestehende innere Erregung, worüber sich nähere Erörterungen in Elem. I. p. 165 ff. finden. Auch gehört hieher, dass der mit dem Gewichte gehobene Arm schon, abgesehen vom Gewichte, ein Gewichtsmoment hat.

Der erste Grund der Abweichung muss bei Versuchen mit äussern Reizen um so stärker spürbar werden, je höher man mit der Reizeinwirkung aufsteigt, was ich kurz als obere Abweichung vom Gesetze bezeichne, der zweite, je tiefer man damit herabgeht, was ich als untere Abweichung bezeichne, indess schon bei mässigen äussern Reizgraden die innere schwache Erregung gegen die äussere als fast verschwindend angesehen werden kann.

---

*) In den Elem. habe ich blos auf erstern Punct (Leiden des Organs) hingewiesen, den zweiten aber, der noch wichtigere Rücksicht verdienen dürfte, in der Abhandlung gegen Aubert (1860) geltend gemacht.

Vermöge der untern Abweichung nimmt der eben merkliche, im Sinne des vorigen Abschnittes gleich merkliche, relative Reizunterschied um so mehr zu, je mehr man sich mit der Reizeinwirkung der untern Grenze, wo blos die innere Erregung übrig bleibt, nähert, vermöge der obern, je höher man mit der Reizeinwirkung aufsteigt; was mitführt, dass in den mittlern Grenzen ein Minimum des eben merklichen relativen Reizunterschiedes, hiemit, nach der S. 13 gegebenen Erklärung, ein Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit stattfindet, um welches herum die Approximation an das Webersche Gesetz die möglichst genaue ist; und unstreitig ist es im Sinne der, sonst im Organismus zu beobachtenden, Zweckmässigkeitstendenz, dass sich diese grösste Approximation an das gesetzliche Verhalten mit der grössten relativen Unterschiedsempfindlichkeit innerhalb der Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches findet. Sollte das Webersche Gesetz für die äussere Psychophysik ohne Gründe der Abweichung bestehen, so würde es kein Minimum des eben merklichen relativen Reizunterschiedes geben, sondern derselbe durch die ganze Reizscala constant bleiben; man hat aber das experimentale Minimum als eine nothwendige Folge der Richtung, welche die untere und obere Abweichung haben, anzusehen.

Ausser den hier namhaft gemachten, wie mich dünkt, ziemlich klar vorliegenden, Ursachen der Abweichungen kann es möglicherweise noch andre geben, die nur weniger sicher sind. Der Reiz könnte möglicherweise erst eine gewisse Trägheit der Nervenmolecüle zu überwinden haben, ehe er eine Schwingung derselben auslöst, und so die Schwelle, die sich schon im physischen Gebiete zwischen manchen Ursachen und Wirkungen geltend macht, hier eine Rolle spielen. Ferner wird unter VIII (S. 77) eines Umstandes gedacht werden, der, sei es bei der untern oder obern Abweichung oder beiden, mit Antheil haben könnte.

Endlich können an sich nicht wesentliche, nur in äussern Versuchsverhältnissen begründete, Abweichungen davon abhängen, dass die zu vergleichenden Reize nicht in gleicher Raum- oder Zeitlage dargeboten werden, oder dass der Vergleich immer in einseitiger Richtung vom grösseren zum kleineren oder umgekehrt angestellt wird, auf welchen Umständen die sog. c o n s t a n t e n F e h l e r beruhen, die entweder durch Entgegensetzung der Versuchslagen, Versuchsrichtungen in wiederholten Versuchen com-

pensirt oder durch Rechnung eliminirt werden müssen, wenn nicht erhebliche Störungen der Gesetzlichkeit daraus hervorgehen sollen.

Alles das ist schon in den Elementen besprochen. Nun kann es mich nur befremden, wenn mehrerseits, wie namentlich von Aubert, Delboeuf und Langer, zwischen den Forderungen wie Bedingungen der äusseren und inneren Psychophysik wenig oder gar nicht unterschieden wird, Einwürfe als fundamentale erhoben werden, die sich durch Rücksicht auf die nothwendigen Abweichungen entweder geradezu erledigen oder durch Rücksicht auf die möglichen eine mögliche Erledigung finden, Formeln ohne nähere Erklärung darüber aufgestellt werden, wiefern sie für die äussere oder innere Psychophysik gelten sollen. Hering aber sieht nur den Splitter, soll es überhaupt ein solcher sein, in meinem Auge, ohne den Balken im eignen Auge zu sehen, wenn er (p. 38) sagt: »Man kann allerdings auf den Gedanken kommen, dass die Abweichungen vom Weberschen Gesetze, welche freilich auf den meisten Gebieten sehr gross sind, nur durch besondere Einrichtungen der einzelnen Sinnesorgane bedingte Ausnahmen eines gleichwohl allgemein gültigen Gesetzes sind. Aber so lange nicht entweder die Ursachen dieser Ausnahmen klar dargelegt sind, oder die Nothwendigkeit des Gesetzes auf theoretischem Wege klar dargethan ist; so lange vielmehr die Ausnahmen viel zahlreicher sind, als die Bestätigung der angeblichen Regel: so lange kann auch der Webersche Satz nur als eine höchst unsichere Hypothese gelten.«

Alles, was Hering in dieser Beziehung der Hypothese des Weberschen Gesetzes vorwirft, trifft ja seine eigene Hypothese von einfacher Proportionalität der Empfindung mit dem Reize oder der psychophysischen Thätigkeit in viel höherm Grade; ja ich meine, es lässt sich überhaupt keine einfache Hypothese aufstellen, die nicht in höherm Grade davon betroffen wird. Dass es aber mit den Ausnahmen, welche Hering im Auge hat (die Aubertschen Versuche dabei nicht ausgenommen), nicht gar zu schlimm steht, wird sich im 16. Abschnitt zeigen lassen.

Hering selbst macht zahlreiche Gründe geltend, welche einen reinen Erfolg der Experimente benachtheiligen können (vgl. S. 49); aber er hat nicht nachgewiesen und es dürfte ihm schwer werden, nachzuweisen, dass durch solche die Approximation an das von ihm bestrittene Webersche Gesetz vielmehr hervorgerufen, als dass sie

dadurch gestört werden kann. Doch hören wir ihn selbst weiter, wenn er (p. 38) sagt:

»Auch ist zu bedenken, dass die eben angeführten auf verschiedenen Sinnesgebieten [zur Prüfung des Weberschen Gesetzes] angestellten Versuche unter einander nicht recht vergleichbar sind. Die verglichenen Empfindungen waren bald räumlich unter einander benachbart, bald lagen sie räumlich und zeitlich mehr oder weniger weit auseinander. Die angeblichen Insensitätsverschiedenheiten der Empfindung erweisen sich bei genauer Untersuchung zugleich als qualitative Unterschiede.*) Je tiefer man in die Sache eindringt, desto bedenklicher erscheint es Einem, so Verschiedenes über einen Leisten geschlagen zu sehen; und wenn man auch zugeben möchte, dass aus der bunten Mannichfaltigkeit der angeführten Thatsachen vielleicht doch einmal ein allgemeines Gesetz abstrahirt werden kann, so wird man doch den Weberschen Satz vorerst nicht als einen wirklich begründeten ansehen dürfen.«

Nun aber gerade der Umstand, dass unter von einander so abweichenden, unter einander nicht vergleichbar scheinenden, Umständen, in so verschiedenen Gebieten, als man im 16. Abschnitt findet, das Webersche Gesetz immer aufs Neue approximativ hervorgeht, scheint mir, wenn irgend etwas, dafür zu sprechen, dass es den gemeinsamen fundamentalen Kern der Wahrheit unter und zwischen allen Abweichungen davon darstellt; und ich gestehe, nicht zu verstehen, wie dieser Grund für das Gesetz als Grund dagegen geltend zu machen sein könnte.

Sollten die Einwände gegen das Webersche Gesetz wegen der Abweichungen überhaupt Bedeutung gewinnen können, so müsste nachgewiesen werden, dass die von mir geltend gemachten Ursachen der unteren und oberen Abweichung nicht zulässig sind, oder die, ihnen von mir zugeschriebene, Wirkung nicht haben können, und dass die erhebliche Approximation an das Webersche Gesetz, welche für ein beträchtliches Intervall von Intensitäten in einer Mehrheit von Gebieten nachgewiesen ist, eine wahrscheinlichere Deutung zulässt, als dass es die Approximation an ein, durch die Verhältnisse der äusseren Psychophysik nur gestörtes

*) Diess bezieht sich unstreitig auf die, im 14. Abschnitte zu besprechende, Weise, wie Hering die Helligkeitsunterschiede im Gebiete der Lichtempfindung auffasst.

Fundamentalgesetz der innern ist. Von all' dem ist bisher nichts geschehen.

Vielleicht kann man bemerken, dass, da wir keine directen Beobachtungsmittel und nur mehr oder weniger unsichere Schlussmittel besitzen, die Beziehung zwischen psychischer und psychophysischer Thätigkeit zu erkennen und zu verfolgen, wohl aber Beobachtungsmittel, die Beziehung zwischen äusserm Reiz und Empfindung zu verfolgen, hieran allein praktisches Interesse hänge, und es am bessten sei, sich um jene Beziehung, hiemit um eine innere Psychophysik, gar nicht zu kümmern; und eine solche Ansicht scheint manchen Gegnern vorzuschweben, wenn sie sich bei Gesetzen und Formeln begnügen, welche, so gut es nun eben gehen mag, die experimentalen Abweichungen von einer reinen einfachen Gesetzlichkeit, wie solche für Fundamente der innern Psychophysik zu fordern, in sich aufzunehmen und zu decken suchen; und warum soll man solche Formeln nicht gelten lassen, in so weit sie ihren Zweck erreichen, und als sie nicht Fundamentalformeln für die innere Psychophysik ersetzen sollen oder mit solchen ihrer Bedeutung nach unklar zusammengeworfen werden. Es wird aber um so weniger Gewicht auf solche empirische Formeln zu legen sein, als sie nach Verschiedenheit der Versuchssubjecte, Versuchsumstände und Sinnesgebiete nothwendig verschieden ausfallen müssen. Jedenfalls tritt das praktische Interesse, was man der äusseren Psychophysik und den zweckmässig für sie angepassten Formeln beilegen mag, weit zurück gegen das, schon im Eingange berührte, tiefere wissenschaftliche Interesse, was die innere Psychophysik für Psychologie, Physiologie und Philosophie dadurch gewinnt, dass sie Grundbestimmungen für die Beziehung von Leib und Seele bietet; und die Versuche der äussern Psychophysik können diesem Interesse nur dadurch dienen, dass sie Wahrscheinlichkeitsschlüsse für Aufstellung dieser Bestimmungen begründen, wobei dann freilich zu bedauern, dass durch experimentale Abweichungen der besprochenen Art die Sicherheit solcher Schlüsse beschränkt wird.

VII. Teleologischer Einwand und Bemerkungen über die extensiven Empfindungen (Hering).

Hering macht an mehreren Orten (p. 12. 13. 23. 24. 30) als fast für sich allein durchschlagend gegen die von mir vertretenen psychophysischen Grundgesetze geltend, dass danach die psychische Auffassung des Verhältnisses zweier physischer, sei es extensiver, sei es intensiver Grössen β, β, sich ändern müsse, wenn beide sich ihrer Grösse proportional, und mithin in gleichem Verhältnisse vergrösserten oder verkleinerten, was nicht nur empirisch unrichtig, sondern auch teleologisch unzulässig sei, indem, wenn es der Fall wäre, Verwirrung dadurch in unsere Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt kommen müsste. »Wie soll — sagt er u. a. (p. 22) — die Seele die Verhältnisse der Aussenwelt richtig auffassen können, wenn zwischen den Dingen und Ereignissen der Aussenwelt und denen unserer Innenwelt keine Proportionalität besteht, wenn das Mass, welches die Seele an die Aussendinge anlegt, nämlich die Grösse oder Stärke ihrer Empfindungen, gar nicht auf diese Aussendinge passt?«

Was nun die extensiven Empfindungen anlangt, so kann ich nach den weiterhin zu machenden Bemerkungen einen daher zu entnehmenden Einwand von vorn herein nicht acceptiren: aber Hering erstreckt den Einwand auch auf intensive Empfindungen; und hiegegen zuvörderst Folgendes.

Schon das Mass der Empfindung, die ein einzelner Reiz β erweckt, ist eigentlich nicht blos durch eine Beziehung auf den Reiz selbst, sondern durch ein Verhältniss desselben zu seinem Schwellenwerthe b bestimmt, kurz ist nach meiner Ableitung*) $= k \log \frac{\beta}{b}$. Anstatt des Schwellenwerthes b kann aber nach der Weise der Herleitung selbst jeder andre Reizwerth $\beta_{,}$ in die Formel eintreten. Kurz, der Eindruck, den das Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta_{,}}$ auf die

*) Gelegentlich hiezu die Bemerkung, dass ich keineswegs, wie Hering (p. 19) sagt, das logarithmische Massgesetz als »Hypothese« zu dem von mir angenommenen Weberschen Gesetze hinzugefügt, sondern als mathematische Folgerung aus dem Weberschen Gesetze und Schwellengesetze abgeleitet habe.

Empfindung macht, wird durch $k \log \frac{\beta}{\beta_{,}}$ gemessen. Mögen nun beide Reize im Verhältniss m steigen oder fallen, so wird der Eindruck hienach durch $k \log \frac{m\beta}{m\beta_{,}}$ gemessen, was mit $k \log \frac{\beta}{\beta_{,}}$ gleich ist, bleibt also ungeändert. Ich sollte meinen, dass hiemit den Heringschen Ausführungen mindestens nach einer Seite einfach genug begegnet wäre. Zur Verhütung jedoch einiger Verwechselungen oder Missverständnisse, die sich leicht daran knüpfen können, füge ich noch einige Zusatzbemerkungen in einer Einschaltung am Schlusse dieses Abschnittes hinzu.

Dabei bleibt freilich wahr, dass weder die einzelnen Empfindungen noch Empfindungsänderungen nach den von mir aufgestellten Gesetzen und Formeln den Reizen und Reizänderungen einfach proportional gehen; nur der Eindruck, den die Verhältnisse der Reize bei gemeinsamer Auffassung derselben machen, bleibt danach derselbe, wenn die Reize sich in gleichem Verhältnisse ändern, was beides in der That auseinander zu halten ist.*) Aber gleich viel, ob die von mir aufgestellten Gesetze bestehen oder nicht bestehen, so besteht mit ihnen oder ohne sie factisch keine Proportionalität zwischen Reizen und Empfindungen, Reizänderungen und Empfindungsänderungen, und die Teleologie weiss damit auszukommen; warum also unsre Gesetze anklagen, dass die Teleologie damit nicht auskommen könne; würde es etwa der Fall sein, wenn sie eine Proportionalität fingirten, die factisch nicht vorhanden ist?

Wenn ich ein Licht in ein finstres Zimmer bringe, welch' ungeheurer Zuwachs von Helligkeit für mein Auge; bringe ich ein zweites hinzu, verdoppele also die physische Helligkeit, so verdoppelt sich doch die Helligkeit nicht für mein Auge, sondern wächst verhältnissmässig nur noch wenig. Das stimmt mit unsern Gesetzen; aber wenn es auch nicht damit stimmte, so stimmte es eben so wenig mit der Proportionalität. Ein Licht im Spiegel erscheint mir fast eben so hell, als das Licht vor dem Spiegel, unge-

*) Das Verhältniss der Empfindungen, welche von zwei Reizen erweckt werden, ist nämlich eben so wenig mit der Empfindung, welche durch das Verhältniss der Reize erweckt wird, zu verwechseln; als der Unterschied der Empfindungen, welche von zwei Reizen erweckt werden, mit der Empfindung des Unterschiedes dieser Reize (s. S. 9 und die Schlussbemerkungen dieses Abschnitts).

achtet des sehr erheblichen Verlustes, den die Lichtverschluckung durch den Spiegel hervorgebracht hat. Man sehe Auberts Versuche im Lichtgebiete an, mit denen man meint das Webersche Gesetz schlagen zu können, ob sie nicht ungleich mehr die teleologisch geforderte Proportionalität schlagen.

Das liegt nun freilich so auf der Hand, dass Hering selbst seinen teleologischen Einwand auf Lichtintensitäten ausdrücklich nicht erstreckt, vielmehr nach einigen Vorerörterungen in dieser Hinsicht (p. 26) bemerkt: »es erscheine von vorn herein ziemlich unwesentlich, ob wir die Lichtquantitäten, welche von verschiedenen Dingen und bei verschiedener Beleuchtung von denselben Dingen zurückgeworfen werden, in ihren richtigen Verhältnissen, d. h. nach dem Gesetze der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung auffassen können«, wogegen »die Proportionalität zwischen den wirklichen Raumgrössen und den Raumgrössen der Empfindung, ferner zwischen den wirklichen Gewichten und den Grössen der Gewichtsempfindungen unerlässlich scheine, wenn anders wir die Aussenwelt richtig auffassen und mittelst unserer Bewegungen beherrschen sollen.«

Wohl, also würden unsere Gesetze wenigstens bei Lichtempfindungen und dürften nicht minder bei Schallempfindungen vor dem teleologischen Einwande sicher sein. Nun aber sehe man Herings eigene Gewichtsversuche, die ich im 18. Abschnitt mittheile, an, ob sie besser als die Lichtversuche zum Gesetze der Proportionalität stimmen. Gewichtszuwüchse, die danach gleich sein sollten, verhalten sich einmal wie 12 : 28, ein andermal gar wie 0,7 : 25,5. Was aber heisst es, eine teleologische Forderung gegen ein Gesetz zu Gunsten eines andern Gesetzes geltend machen, wenn dieses factisch auch nicht dazu stimmt.

Einem Millionär ist der Zuwachs seines Vermögens um 100 Thaler nicht mehr werth, als einem Armen um 1 Thaler. Er wiegt für ihn nicht mehr, kann man kurz sagen. Möchte man selbst streiten, ob diess Verhältniss zwischen dem Reiz des Geldes und dessen Schätzung teleologisch passend sei, oder nicht, obwohl ich meine, man wird sich leichter für Ersteres als Letzteres entscheiden, so besteht es jedenfalls in der Welt; warum also nicht etwas Entsprechendes zwischen dem äussern Reize, sei's Lichtreiz oder Gewichtsreiz, und seiner Schätzung durch Empfindung. Ein so grosser Freund man von der Teleologie sein mag, und ich rechne

mich zu diesen Freunden, so gilt es doch, ihren Wegen vielmehr zu folgen, als ihr solche vorzuschreiben.

Bei all' dem gebe ich gern zu, dass man in Betreff der Empfindlichkeit für Gewichtsgrössen in der That von vorn herein fragen kann, ob dieselben Gesetze darauf anwendbar sind, als auf rein receptive Empfindlichkeit, weil in mancher Hinsicht andre Verhältnisse dafür bestehen, Manches in diesem Felde überhaupt noch dunkel bleibt, worauf ich im 16. und 18. Abschnitte zurückkomme. Ja ich würde mich sehr bedenken, dieselben Grundgesetze für diess Gebiet als für das von Licht und Schall in Anspruch zu nehmen, wenn nicht die Versuche Herings selbst (im 18. Abschnitt), so weit sie hier zählen können, nicht minder als meine frühern, nach einer ganz andern Methode angestellten, mir dafür zu sprechen schienen. In Betreff des teleologischen Gesichtspuncts aber berücksichtige man dabei noch eine, im folgenden Abschnitte (S. 75) zu machende, Bemerkung. Jedenfalls kann man nicht ohne Weiteres von einem Gebiete auf andre, andern Bedingungen unterliegende, Gebiete einen Schluss machen; und mit dieser Bemerkung wende ich mich von den intensiven Empfindungen, wofür alles Vorige galt, zu den extensiven Empfindungen, um meine obige Erklärung, dass ich Herings Einwand in Bezug auf diese von vorn herein nicht acceptiren kann, zu motiviren.

Wer kann zuvörderst sagen, dass wir uns in der Welt von drei Dimensionen nicht zurecht zu finden wissen, trotzdem, dass alle räumlichen Dimensionen uns darin verschoben scheinen, und die anschaulichen Verhältnisse in wechselvollster Weise von der Proportionalität mit den wirklichen Raumverhältnissen abweichen, ja jedes Stück einer krummen Linie, die nicht in einer auf der Augenaxe senkrechten Ebene enthalten ist, dieser Proportionalität in andrer Weise widerspricht. So gar nothwendig also muss auch hier die Proportionalität, die man zur Zweckmässigkeit verlangt, nicht sein; es gilt vielmehr nur, dass die Nichtproportionalität nicht gesetzlos sei. Jedoch rücksichtslos auf alle Teleologie, die wir hiemit hinter uns lassen wollen, handelt es sich bei Herings Einwand um eine factische Frage.

Unter stillschweigender Voraussetzung einer festen Augenstellung und festen Lage einer geraden Linie vor den Augen, wobei man wirklich von Proportionalität im angegebenen Sinne sprechen kann, hält Hering (p. 12) den von mir aufgestellten Gesetzen ent-

gegen, dass »die scheinbare Länge einer Linie proportional mit ihrer wirklichen Länge wachse, die Empfindungsgrösse hiebei proportional mit der Reizgrösse zunehme«, eine doppelt so lange Linie also auch doppelt so lang erscheine; was in der That den von mir aufgestellten Gesetzen eben so sehr widerspricht, als es dem, von Hering vertretenen, Gesetze der Proportionalität entspricht; und er knüpft daran in der Correspondenz mit mir die Frage, er wisse nicht, warum es sich mit dem Gebiete der intensiven Empfindungen in diesen Beziehungen anders verhalten solle, als mit dem der extensiven.

Das könnte aber sehr wohl desshalb sein, weil es doch etwas sehr Andres ist, ein Gesetz für den Fall suchen, dass ein Reiz sich auf demselben Nervenpuncte verstärkt oder dass er sich über eine Mehrheit von solchen ausbreitet. Nur durch eine Analogie kann man von einem Falle auf den andern schliessen, ohne irgend eine Gewähr, dass die Analogie für die wesentlich andern Bedingungen zutrifft; und ich muss daher, nachdem ich in den Elementen (II. p. 336) selbst schon aus denselben Gründen, die Hering geltend gemacht, anerkannt habe, dass die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf das Gebiet der extensiven Empfindungen precär sei, mich dagegen erklären, dass von einer Ungültigkeit des Gesetzes in diesem Gebiete, die ich als sehr möglich zugelassen habe, ein Einwand gegen meine Vertretung desselben in einem andern, wesentlich davon abweichenden, Gebiete hergenommen werde, und dass überhaupt Einwände bezüglich beider Gebiete vermischt werden.*) Man muss eben jedes Gebiet für sich in dieser

*) Delboeuf (Rev. p. 250) sieht sogar eine »bedauerliche sachliche und sprachliche Verwirrung« darin, von Empfindungen der Zeit und Ausdehnung zu sprechen, und zur Bezeichnung derselben den Ausdruck »extensive Empfindung« zu brauchen. Hierin aber würde ich, da ich selbst diesen Ausdruck brauche, ihm blos dann Recht geben, wenn nicht ausdrückliche Erklärungen (wie Elem. I. 15) die Verwirrung vermieden. Die extensiven Empfindungen, was ich so nenne, mit den intensiven Empfindungen unter einen gemeinsamen Ausdruck zusammen zu fassen und nur durch das Beiwort zu unterscheiden, liegt aber jedenfalls das wichtige Motiv vor, dass es, wenn kein gemeinsames Mass, doch gemeinsame Massprincipien und Methoden dafür giebt, wonach es oft nöthig wird, sich in Kürze gemeinsam auf beide beziehen zu können. Und Delboeuf selbst möchte, nachdem er erst den gemeinsamen Gebrauch des Wortes Empfindung für extensive und intensive Empfindungen getadelt hat, sich zu einem solchen zurückgeführt finden, wenn er sich auf das Mass der

Hinsicht untersuchen. Dass ich aber die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf die extensiven Empfindungen, trotz jenes scheinbaren Widerspruches dagegen, doch nur precär gefunden habe, ohne eine Entscheidung darin zu finden, hat folgenden Grund.

Es hat (nach Elem. II. 336) viel für sich, anzunehmen, dass, wenn die Zahl der Empfindungskreise bei extensiven Empfindungen die Stärke des Reizes bei intensiven vertreten soll, ein kleinerer und grösserer Reiz nicht durch einen kleineren und grösseren Theil der Ausdehnung der Netzhaut, sondern nur durch eine kleinere und grössere ganze Netzhaut vertreten werden kann, die wir aber in unsern Versuchen nicht herstellen können, indess die Natur solche in den Augen verschiedener Thiere hergestellt hat. Hiemit wäre dann noch ganz wohl verträglich, dass jeder Theil der Netzhaut nach dem wirklichen Verhältniss der in ihn eingehenden Empfindungskreise zur Totalzahl derselben gross erscheint, ja es würden wirklich unlösbare Widersprüche entstehen, wenn die Grössenerscheinungen der Theile der Netzhaut nicht in Summa die Grössenerscheinung der ganzen Netzhaut wiedergäben. Auch von einem intensiven Lichtreiz trägt natürlicherweise jeder Bruchtheil im Verhältniss zur ganzen Intensität bei, die Grösse der Totalempfindung zu bestimmen — oder wie will man es anders fassen — ohne dass desshalb die Totalempfindung selbst in einem einfachen Verhältnisse zur Totalintensität steht; es ist nur der Unterschied vom Falle der extensiven Empfindungen, dass die Theile des intensiven Reizes nicht eben so wie die des extensiven gesondert auffassbare Empfindungen geben. Also denke ich mir, dass zwei Thiere, deren Netzhäute sich wie a zu a' verhalten, Gesichtsfelder haben, die ihnen im Verhältniss von log a zu log a' gross erscheinen, indess ihnen jeder Bruchtheil ihrer Netzhaut nach seinem Verhältniss zur ganzen Netzhaut gross erscheint; gebe jedoch das Hypothetische dieser Vorstellungsweise zu. Was für die extensiven Gesichtsempfindungen gilt, würde sich auf die extensiven Tastempfindungen übertragen lassen.

Wenn Hering (p. 22) sagt: »Ich hätte für das Auge die Hülfshypothese gemacht, dass für dasselbe vermöge einer besondern Einrichtung die Ver-

---

einen eben so wie auf das der andern eingelassen hätte und in einer zusammenhängenden Psychophysik davon zu sprechen hätte.

wirrung, welche das psychophysische Gesetz beim Sehen anrichten müsste, verhütet werde«, so wird man hiegegen leicht bemerken, dass bei meiner Hypothese nicht von einer »besondern Einrichtung« des Auges, sondern von der Möglichkeit, dass das Webersche Gesetz in Bezug auf das Auge in besondrer Weise zu verstehen sei, die Rede sei.

Zunächst freilich können mit voriger Auffassung meine eigenen und Volkmanns Augenmassversuche (Elem. I. 211 ff.) in Widerspruch scheinen, sofern sich dabei das Webersche Gesetz nicht an ganzen Netzhäuten, sondern an linearen Strecken auf der Netzhaut bewährt findet. Diese Bewährung ist factisch, ist sehr entschieden, und kann durch Herings Einwände nicht beseitigt werden. Um aber den Widerspruch, der auch für uns hier zu bestehen scheint, zu heben, ist eine doppelte Deutung möglich.

Einmal lässt sich denken, dass wir bei diesen Versuchen mit kleinen Differenzen der zu vergleichenden Linien beide Linien vermöge demgemässer Richtung der Aufmerksamkeit in der That nicht mit der ganzen Netzhaut, sondern nur mit einander vergleichen, indess wir ohne Anlass zu solchem Vergleich jeden Theil der Netzhaut als Bruchtheil der ganzen Netzhaut schätzen; zweitens aber, dass sich diese Versuche, wie schon in Elem. I. 234. II. 336 erinnert, vielmehr auf das dabei in Anspruch genommene Muskel- oder Bewegungsgefühl als eine directe extensive Massempfindung beziehen. Letztres aber ist desshalb wahrscheinlicher, weil die, bei den Augenmassversuchen so schöne, Bewährung des Weberschen Gesetzes sich bei entsprechend von mir angestellten Tastversuchen auf der Haut, wobei das Bewegungsgefühl nicht in Anspruch genommen wird, nicht wiederfindet (Elem. II. 353 ff.).

Zusatzbemerkung zu S. 58. Bei Erwägung der hier einschlagenden Verhältnisse hat man sich zu hüten, den Grösseneindruck, welchen das Verhältniss zweier mit einander verglichenen Reize β, $\beta_,$ auf uns macht, mit dem, gar nicht in die Beobachtung fallenden Verhältnisse der Empfindungen zu verwechseln, welche zwei Reize erwecken, wenn sie nicht mit einander verglichen werden. Das Mass des ersten Eindrucks ist $k \log \frac{\beta}{\beta_,}$, das Mass des letzten Verhältnisses, wenn man sich darum kümmern will, ist $\frac{\log \frac{\beta}{b}}{\log \frac{\beta_,}{b}}$, was nicht mit ersterem zusammenfällt. Nur auf letztern Eindruck würde Herings Einwand passen, indess der Vergleich gegebener Eindrücke nicht nach solchem geschieht.

Man mag vielleicht gegenbemerken: »ich kann zwei Reize erst für sich betrachten, mir ihren Grösseneindruck imprimiren, und dann die Empfindungen, die sie mir für sich erweckt haben, mit einander vergleichen, und doch wird mir ihr Grössenverhältniss dasselbe erscheinen, als wenn ich den Vergleich an den Reizen selbst vornehme.« Aber Empfindungen, sei es auch in der Erinnerung reproducirte, in der Seele ohne entsprechend mit reproducirte psychophysische Thätigkeiten vergleichen, geht nicht, und so wird dadurch immer der erste Fall hergestellt, nur, wegen nicht hinreichend genauer Reproduction des ursprünglichen Verhältnisses durch die Erinnerung, nicht genau; daher Irrthümer der Schätzung in der Erinnerung möglich sind.

Hiezu noch Folgendes, wobei ich leichterer Uebersicht halber das Mass der Empfindung γ einfach $= \log \beta$ setze, indem ich die Constanten k und b so bestimmt denke, dass sie $= 1$ werden, obwohl an sich nichts hindern würde, ihnen beliebige Werthe zu lassen.

Man kann es als eine Eigenthümlichkeit in der Mathematik bemerken, dass der Unterschied zwischen den Logarithmen zweier Grössen β, $\beta_,$ mit dem Logarithmus des Verhältnisses beider übereinstimmt. Hierin liegt kein mathematischer und mithin kein logischer Widerspruch, und so kann man auch keinen solchen darin finden, dass sich in den logarithmischen Massverhältnissen der Empfindung dasselbe wiederfindet. Der Unterschied zwischen den logarithmischen Massen der Empfindung zweier Reize $= \log \beta - \log \beta_,$ stimmt mit dem Masse der Empfindung des Verhältnisses beider Reize $= \log \frac{\beta}{\beta_,}$ überein. Auch kein realer Widerspruch oder Conflict aber liegt darin. Denn so wenig man das Verhältniss der Masse zweier Empfindungen $\frac{\log \beta}{\log \beta_,}$ mit dem Masse der Empfindung, welche das Verhältniss beider in Vergleich genommener Reize gewährt, d. i. mit $\log \frac{\beta}{\beta_,}$ verwechseln darf, darf man das mit letzterm übereinstimmende Mass des Unterschiedes beider Empfindungen mit dem Masse der Empfindung, welche der Unterschied beider Reize gewährt, verwechseln, welches vielmehr $\log \frac{\beta}{v\beta_,}$ ist, wenn mit v die Verhältnissschwelle bezeichnet wird. Also stimmt die Empfindung, welche das Verhältniss zweier Reize gewährt, keineswegs mit der Empfindung, welche der Unterschied zweier Reize gewährt, überein, was, wenn es der Fall sein sollte, allerdings einen Widerspruch begründen würde. Der absolute Unterschied so wie das absolute Verhältniss zweier Empfindungen aber ist überhaupt keine Sache der Beobachtung.

VIII. Aprioristischer Einwand (Mach, Hering, Classen, Ueberhorst, Bernstein).

Tiefer, als die, im vorigen Abschnitte zur Sprache gekommene, der äusseren Psychophysik angehörige, Frage, ob die Empfindung dem Reize proportional geht, greift die, der innern Psychophysik angehörige, Frage, ob sie der psychophysischen Thätigkeit proportional geht. In so fern nun Experimente nichts unmittelbar darüber lehren können, Schlüsse aus Experimenten aber nicht entscheidend scheinen, macht man für letztere Proportionalität einen so zu sagen aprioristischen Gesichtspunct geltend, der nicht Wenigen von vorn herein eingeleuchtet hat. Entziehen wir uns nicht seiner Erwägung.

Vom Reize hängt die Empfindung nur mittelbar, von der psychophysischen Thätigkeit unmittelbar ab; experimentale Störungen der Gesetzlichkeit, welche die Uebertragung der Reizwirkung auf das psychophysische System in der äusseren Psychophysik betheiligen, fallen bezüglich der unmittelbaren Abhängigkeit zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit weg; die innere Psychophysik lässt solche hinter sich. Nun meint man, es sei das Natürlichste, ja gewissermassen selbstverständlich, dass zwischen der Ursache und der von ihr ohne Zwischenwirkung abhängigen Wirkung einfache Proportionalität bestehe, also auch zwischen der psychophysischen Thätigkeit und der von ihr unmittelbar abhängigen Empfindung, so wie zwischen den Unterschieden der psychophysischen Thätigkeit und den davon abhängigen Unterschiedsempfindungen. In so fern aber doch Thatsachen der äusseren Psychophysik für das hiezu nicht stimmende Webersche Gesetz und daraus folgende logarithmische Massgesetz zu sprechen scheinen, seien sie, in so weit eine experimentale Approximation an diese Gesetze überhaupt zuzugestehen, eben auch nur für die äussere Psychophysik, d. i. Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit, in Anspruch zu nehmen, nicht aber, wie von uns geschieht, in die innere Psychophysik zu übertragen, nicht in Gesetze für die Beziehung zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung zu übersetzen.

So sagt Mach (no. 2. p. 11): »Die letzte Nervenerregung und die Empfindung, welche unabänderlich parallel mit einander gehen, können wohl nicht anders als einander proportional sein.«

Hering (p. 21): »Eine Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, Wirkendem und Gewirktem ist uns von vorn herein verständlich, ein verwickelteres Gesetz der Beziehungen zwischen beiden aber besonders dann schwer begreiflich, wenn, wie in diesem Falle, Wirkendes und Gewirktes unmittelbar und nicht durch Zwischenglieder von einander abhängen. Eine solche unmittelbare Abhängigkeit besteht aber unserer Voraussetzung nach zwischen psychischen und psychophysischen Processen; denn wir bezeichnen als letztere ausschliesslich jene leiblichen Processe, mit welchen der psychische Vorgang unmittelbar gegeben ist. Diess Alles gilt schon dann, wenn man Leib und Seele als zwei verschiedene Wesen einander gegenüber stellt, wie viel mehr aber dann, wenn, wie Fechner annimmt, Wirkendes und Gewirktes, psychophysischer und psychischer Process im Grunde ein- und dasselbe sind, nur zwei Seiten oder Erscheinungsweisen eines und desselben Wesens.«

Classen (z. Physiol. d. Gesichtssinnes p. 17): »Wäre die Empfindung nichts als Function der Nervensubstanz, so wäre es nicht zu begreifen, wie eine Steigerung des Reizes nicht constant eine entsprechende Steigerung der Empfindung hervorrufen sollte.«

Ueberhorst (Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Götting. 1876 p. 90): »Ich kann mich dem Glauben nicht hingeben, dass, wie Fechner einmal sagt, die Disproportionalität zwischen Nervenerregung und Empfindung »»nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete sehr wohl denkbar sei.««

Bernstein postulirt nach S. 20 zwar nicht eine Proportionalität der Empfindung mit der Grösse, aber mit der, von ihm als begrenzt angenommenen, Ausbreitung der psychophysischen Thätigkeit. Ueber seine hier einschlagenden Ansichten vergl. einige besonders darauf bezügliche Bemerkungen weiterhin S. 78. 79.

Nun mag das Princip der Proportionalität zwischen Ursach und Wirkung wirklich in so weit gültig sein, als die Wirkung unmittelbare Folge der Ursach ist, und nicht durch Widerstände oder Nebenbedingungen, welche in die Wirkung eingreifen, gestört wird; und ich fusse selbst hierauf, indem ich, abgesehen von solchen Störungen, die Grösse der psychophysischen Bewegung der Grösse des Reizes proportional setze. Aber um Folgeabhängigkeit handelt es sich ja bei der Beziehung zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit nicht. Wenn die zu einer Empfindung gehörige Thätigkeit da ist, ist zugleich die Empfindung da und umgekehrt. Es ist vielmehr ein Verhältniss der Simultan- oder Wechselabhängigkeit, um was es sich hier handelt, und die Gegner selbst fassen es insgemein so. Nun aber begeht man einen schweren Irrthum und eine folgenschwere Verwechselung, wenn man das, was für jene, die Folgeabhängigkeit, gilt, auf diese, die Simultan- oder Wechselabhängigkeit, als selbstverständlich über-

tragen will; da vielmehr das, was für jene gilt, für diese nicht gilt. Und das mache ich, zwar nicht aprioristisch, aber nach einem Umblick im Erfahrungsgebiete, gegen die Gegner für meine Auffassung geltend.

In der That, so weit ich mich umsehe, finde ich, dass Bestimmungen, Veränderungen, die simultan von einander abhängig sind, nur in dem einzigen Falle, dass sie gleichartiger Natur sind, einander proportional gehen, und erläutere diess durch folgende, mir dazu beifallende, Beispiele.

Beim Umlauf eines Planeten um die Sonne ändern sich Abstand des Planeten von der Sonne, Geschwindigkeit, durchlaufener Raum und durchlaufene Zeit (von irgend einem Puncte an gerechnet) in Simultanabhängigkeit von einander, aber keine dieser Aenderungen geht der andern proportional. — Die physische Helligkeit einer beleuchteten Fläche und der Abstand der Lichtquelle davon, die Länge eines Pendels und die Dauer einer Schwingung desselben stehen in Simultanabhängigkeit von einander, aber statt eines einfachen, besteht ein quadratisches Verhältniss dazwischen. — Die Organe und Gliedmassen eines Embryo wachsen in Simultanabhängigkeit von einander, aber nichts weniger als einander proportional.

Das allgemeinste Schema solcher Abhängigkeit haben wir in dem Verhältniss der Länge einer Curve zur Länge der Abscisse bei Ausgang von demselben Puncte. In dem einzigen Falle, dass die Curve eine eben solche gerade Linie als die Abscisse ist, oder allgemeiner Curve und Abscisse gleichgeartete Curven sind, gehen beide einander proportional; aber die psychische Empfindung und der zugehörige physische Process sind so ungleichartig als möglich, so weit überhaupt Ungleichartigkeit zwischen Dingen oder Processen stattfinden kann, die freilich zuletzt alle nur durch Bestimmungen, welche in unser Bewusstsein fallen, charakterisirbar sind. Die dualistische Ansicht statuirt eine wesentliche Ungleichartigkeit principiell; nach mir hängt die Verschiedenheit an dem grundwesentlich verschiedenen, respective innern und äussern, Standpunct der Betrachtung, und verhalten sich danach Seele und Leib wie innere und äussere Erscheinungsweise desselben Wesens. Hering gedenkt selbst dieser meiner Betrachtung, als fordere sie natürlicherweise die Proportionalität; aber im Gegentheil, sie giebt eine neue Bestätigung der Nichtproportionalität. Denn nehme man

z. B. einen Kreis und inmitten oder an irgend einem Puncte innerhalb desselben ein nach allen Seiten sehendes Auge, ausserhalb desselben an irgend einem Puncte ein andres solches Auge, so werden beiden im Verfolg des Kreisumfangs allgemein gesprochen dieselben Stücke des Kreisumfanges unter verschiedenen Gesichtswinkeln, also verschieden gross, erscheinen, und die scheinbaren Grössen derselben sich keineswegs einander proportional ändern. — Dasselbe gilt von der Erscheinung des Copernicanischen und Ptolemäischen Weltsystems je nach heliocentrischem und geocentrischem Standpunct.

Ob sich nicht bei weiterem Suchen Ausnahmen von dem hier ausgesprochenen Princip der Nichtproportionalität zwischen heterogenen Bestimmungen, Veränderungen, die simultan von einander abhängig sind, finden lassen, mag ich nicht versichern, doch würden es jedenfalls nur Ausnahmen sein, welche ein gegentheiliges Princip nicht begründen könnten. Vielleicht könnte man als eine Ausnahme geltend machen, dass bei der gleichförmigen Bewegung Raum und Zeit einander proportional gehen; aber wir messen die Zeit selbst erst durch gleichförmige Bewegung. Wie diesem Cirkel entgehen? Ich gestehe, keine zulängliche Erklärung darüber gefunden zu haben; wenn ich aber nicht irre, genügt folgende Erklärung, um derselben hier beiläufig zu gedenken. Wenn zwei Puncte von ungleicher Geschwindigkeit, d. i. die in gleichen Zeiten ungleiche Räume durchlaufen, sich so bewegen, dass beide (Puncte) in correspondirenden, d. i. zwischen denselben Anfangs- und Endpuncten genommenen, Zeitintervallen immer Räume durchlaufen, welche dieselbe Proportion zu einander einhalten, wie gross oder klein man die Zeitintervalle nehmen mag, so sind beide Geschwindigkeiten constant und mithin die Bewegung beider gleichförmig. Ungleich müssen die Geschwindigkeiten beider Puncte genommen sein, sonst würde die vorige Erklärung nicht ausschliesslich auf gleichförmige, sondern überhaupt auf gleiche Bewegungen passen. Dass also Zeit und Raum in gleichförmiger Bewegung einander proportional gehen, übersetzt sich darein, dass in successiven correspondirenden Zeitintervallen ungleiche aber proportionale Räume von zwei Puncten durchlaufen werden, reducirt sich also fundamental auf eine Proportionalität zwischen Räumen, nicht zwischen Räumen und Zeiten, ausser sofern letztere selbst durch Räume gemessen werden.

Anderseits könnte man als Ausnahme geltend machen, dass die Länge einer Saite und Dauer einer Schwingung derselben einander proportional gehen. Aber eben so gut kann man sagen, dass die Länge einer Saite und Zahl der Schwingungen in gegebener Zeit einander umgekehrt proportional gehen; also besteht hier eine Zweideutigkeit. Die zweite Ausdrucksweise aber scheint in sofern vorzuziehen, als man die Zahl der Schwingungen für zwei Saiten von ungleicher Länge in correspondirenden Zeiten unmittelbar verfolgen kann, die Dauer der Schwingungen aber erst hieraus ableiten oder

mittelst eines äussern Zeitmasses, was sich schliesslich auf obige Erklärung zu stützen hat, bestimmen muss.

Man sieht leicht, dass je nach Verschiedenheit des Gebietes, in welches die Simultanabhängigkeit fällt, sehr verschiedene quantitative Verhältnisse dafür bestehen können, und dass bei der Unmöglichkeit, diess Verhältniss für die Abhängigkeit zwischen Leib und Seele a priori zu bestimmen, auch kein aprioristisches Hinderniss besteht, dass es eben das sein kann, worauf die Erfahrungen bisher am meisten hingewiesen haben. Und hiezu lässt sich noch Folgendes fügen.

Im Allgemeinen tragen doch Fundamentalgesetze den Charakter einer gewissen Einfachheit oder setzt man wenigstens voraus, dass es der Fall sei. Nun würde allerdings das einfachste Gesetz der Abhängigkeit zwischen körperlichen und geistigen Veränderungen wirklich das der einfachen Proportionalität sein; wenn aber die vorigen Betrachtungen und die bisherigen Erfahrungen gleich wenig zu Gunsten desselben sprechen, so ist wenigstens das Webersche Gesetz, welches die geistigen Veränderungen den verhältnissmässigen körperlichen Veränderungen proportional setzt, das einfachste, an das sich hienach denken lässt, und jedenfalls einfacher als alle Modificationen, die man auf Grund der Experimente geglaubt hat dafür substituiren zu können.

Worauf die Versuche zunächst hinweisen könnten, wäre freilich ein Gesetz, was die Erfahrungsthatsache in sich aufnähme, dass bei continuirlich wachsendem Reize der eben merkliche relative Reizunterschied bei einem gewissen Reizwerthe ein Minimum wird und darüber hinaus wieder steigt; und wir haben S. 40 gesehen, dass Langer wirklich hierauf ein Gesetz gegründet hat, was aber erheblich complicirter ist, als das unsere, und hiemit a priori eine geringere Wahrscheinlichkeit hat, soll es als fundamentales gelten.

Von andrer Seite besteht die Erfahrungsthatsache, dass die Empfindung selbst mit Wachsthum des Reizes sich nicht über eine gewisse Grenze hinaus steigern lässt; und Wundt hat ganz Recht, wenn er in dieser Hinsicht (in s. Grundzügen der physiolog. Psychologie p. 282 f. u. 293) ausser von einer Reizschwelle auch von einer nicht übersteigbaren Reizhöhe spricht; aber er selbst übersetzt die Reizhöhe nicht in eine entsprechend zu verstehende Höhe der psychophysischen Thätigkeit als solche, welche ein nicht

überschreitbares Empfindungsmaximum giebt, indem er in Uebereinstimmung mit meiner eigenen Ansicht sagt: »Der Kraftvorrath der Nervenelemente ist ein begrenzter; bei einer gewissen Stärke wird also der Reiz alle überhaupt disponiblen Kräfte auslösen, so dass darüber hinaus der Nervenprocess nicht mehr gesteigert werden kann«, womit ich ganz übereinstimme.*) Könnte der Nervenprocess (die psychophysische Thätigkeit) darüber hinaus gesteigert werden, so würde auch die Empfindung damit noch wachsen. In der That wäre es sehr sonderbar, ein Fundamentalgesetz der Abhängigkeit psychischer von physischer Thätigkeit zu statuiren, welches die erste mit letzter nur bis zu gewissen Grenzen wachsen, darüber hinaus aber abnehmen liesse; und hiefür nehme ich meinerseits eine aprioristische Unwahrscheinlichkeit in Anspruch.

Tief eingreifend wird die Ansicht von einer einfachen Proportionalität zwischen physischen und psychischen Veränderungen insbesondere dadurch, dass damit die Uebertragbarkeit des Schwellengesetzes aus der äusseren in die innere Psychophysik wegfällt. Denn nach dem Gesetze der Proportionalität muss schon der schwächste psychophysische Process und der schwächste Unterschied zweier solcher Processe eine, wenn schon entsprechend schwache, doch merkliche absolute oder Unterschiedsempfindung ins Bewusstsein rufen, indess das Schwellengesetz dazu einen, den Nullwerth in endlichem Grade übersteigenden, einfachen oder Unterschiedswerth psychophysischer Thätigkeit fordert, unterhalb dessen noch psychophysische Thätigkeiten, Veränderungen von Statten gehen können, ohne die psychischen Phänomene im Bewusstsein spürbar werden zu lassen, die sie bei Ueberschreitung der Schwelle zu geben vermögen. Mit der innern Schwelle fällt daher die ganze psychophysische Repräsentation des

*) Nicht ebenso zustimmen möchte ich, wenn Wundt p. 287 seines Werkes sagt: »Wir können von zwei qualitativ übereinstimmenden Empfindungen zweifellos sagen, dass ihre Intensität gleich sei, wenn sie entweder der Empfindungsschwelle oder der Empfindungshöhe [als welche respectiv der Reizschwelle und Reizhöhe zugehören] entsprechen.« Der Empfindungsschwelle entsprechende Empfindungen sind unstreitig gleich, sofern sie eben gleich null sind; aber der Empfindungshöhe können je nach dem Zustande des Individuums und den dadurch bedingten Verhältnissen der unteren und oberen Abweichung vom Weberschen Gesetze meines Erachtens sehr verschiedene Intensitätsgrade der Empfindung entsprechen.

Verhältnisses zwischen Schlaf und Wachen, bewusstem und unbewusstem Seelenleben, hiemit die ganze Entwicklung der inneren Psychophysik überhaupt, auf die ich im 2. Theile der Elemente eingegangen bin, ohne dass ich wüsste, was sich dafür zur Repräsentation der entsprechenden Verhältnisse substituiren liesse, so dass mir die Frage der Uebertragbarkeit des Schwellengesetzes in die innere Psychophysik eine Lebensfrage nicht nur für meine Ausführung der inneren Psychophysik, sondern für die Möglichkeit einer solchen überhaupt scheint. So wie ich selbst diese Lehre gefasst und dargestellt habe, spielt jedenfalls das Schwellengesetz darin eine viel wichtigere Rolle als das Webersche Gesetz; und möchte dieses fallen, so würde sich in meiner Darstellung der innern Psychophysik nichts ändern, sollte hingegen das Schwellengesetz fallen, die ganze Darstellung einfach zu streichen sein. Es ist der Drehpunct aller Hebel, die darin spielen.

Natürlich freilich reicht diess Bedürfniss der innern Schwelle für die innere Psychophysik noch nicht hin, ihre Thatsache zu begründen. Wohl; ich gehe im folgenden Abschnitte auf die Gründe ein, die auch für die Thatsache derselben sprechen.

Während ich die psychophysische Thätigkeit oder Erregung dem Reize einfach proportional setze, in so weit nicht Ursachen der Abweichung bestehen, die Empfindung aber in logarithmischer Abhängigkeit vom Reize denke, suchen dagegen die Gegner, welche die Empfindung einfach proportional mit der psychophysischen Thätigkeit setzen, die experimentale Annäherung an die von mir aufgestellten Gesetze dadurch zu repräsentiren, dass sie dieselben Gesetze, die ich für die Beziehung zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung gültig halte, vielmehr für die Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit in Anspruch nehmen. Nun scheint es zwar nach dem eigenen Princip der Gegner selbstverständlich, dass ohne Hindernisse oder beschränkende Bedingungen der Uebertragung des Reizes auf den Nerven, und ohne Widerstände in den Nerven oder im Gehirn der physische Effect in den Organen der Empfindung der physischen Ursache im Reize vielmehr einfach proportional gehe, als in logarithmischer Abhängigkeit davon stehe; die Gegner suchen nun aber eben solche Ursachen geltend zu machen, welche die Proportionalität so weit abändern, dass vielmehr ihrer als meiner Auffassung entsprochen wird. Ich kann jedoch in dem, was in dieser Hinsicht geltend

gemacht wird, nur theils unbestimmte, theils unbegründete Möglichkeiten gegenüber den von mir im 6. Abschn. geltend gemachten Ursachen der Abweichung finden.

Schon oben (S. 48. 54) habe ich in dieser Hinsicht einiger Aeusserungen von Hering gedacht. Mach macht wie Hering die Veränderung der Pupillenweite bei Aenderung des Lichtreizes und ein von ihm aufgestelltes Contrastgesetz dafür geltend, dass die psychophysische Erregung wegen compensirender Ursachen nicht der Stärke des Reizes proportional gehen könne. Und in der That muss hierin eine empirische Abweichung von dem reinen Massgesetze für die äussere Psychophysik begründet sein; aber die psychophysischen Grundgesetze stützen sich ja gar nicht auf Versuche über das Massgesetz, sondern über das Webersche Gesetz; und da bei den Versuchen über das Webersche Gesetz nach früher (S. 48) gemachter und im 11. Abschnitt (über Contrastempfindung) zu ergänzender, Bemerkung, die Wirkung beider Reize durch jene Ursachen in gleichem Verhältniss abgeändert wird, so kann hierauf nichts im Sinne der Gegner gerechnet werden.

Langer sagt (p. 68): »Die Annahme Fechners [von der Proportionalität zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit] ist äusserst hypothetisch und hat den Erfahrungsthatsachen gegenüber wenig Wahrscheinliches; es ist vielmehr die Annahme weit berechtigter, dass von den grössern Reizen nicht proportionale Mengen in psychophysische Thätigkeit verwandelt werden, sondern kleinere, und zwar wegen der mit den Reizen gleichzeitig mit auftretenden Reflexbewegungen, welche den Organismus gegen stärkere Reize schützen. Bei dem Auge z. B. ist diese Wirkung in der Verengerung der Pupille zu Tage tretend, wodurch von starken Reizen ein Theil abgeblendet wird; bei starken anderen Reizen auf andern Sinnesgebieten tritt Analoges wohl auch ein, jedenfalls ist die Wahrscheinlichkeit nicht abzuweisen, dass es geschehe.«

Wieder also giebt die Veränderung der Pupillenweite, die hier gar nichts zu sagen hat, das Hauptbeispiel, und Analoges mit ihr wird in andern Sinnesgebieten vermuthet, was dann, wenn es stattfindet, leicht eben so wenig zu sagen haben möchte.

Allerdings, wenn ich in Elem. II. 429 gesagt habe, dass »nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete eine Abhängigkeit zwischen psychischer und physischer Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Massformel sehr wohl denkbar sei, wogegen eine solche Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie sie einerseits durch die Reizwirkung, anderseits durch die psychophysische Thätigkeit repräsentirt wird, im Sinne der physiologischen und physikalischen

Gesetze nicht denkbar sei«, — so habe ich Letztres zurückzunehmen; vielmehr bestehen gerade im Gebiete der Nervenphysik Abhängigkeitsverhältnisse zwischen körperlichen Thätigkeiten, welche mit den logarithmischen der Massformel mindestens approximativ übereinkommen, und nur approximativ bestätigt sich ja die Massformel in der äusseren Psychophysik. Warum also, kann man fragen, soll nicht auch der Reiz die psychophysische Thätigkeit nach diesem Verhältnisse auslösen, welches von der Proportionalität ganz abweicht, und dann die psychische Thätigkeit der so ausgelösten psychophysischen Thätigkeit einfach proportional gehen?

Das wäre recht schön, wenn nur die in dieser Beziehung geltend zu machenden Fälle mit unserm Falle der Uebertragung von Reiz auf Nerv in den Bedingungen stimmten, was so wenig der Fall ist, dass man sie unsrer Auffassung vielmehr günstig als widersprechend halten kann.

Folgendes ein hieher gehöriger Fall.

Ein, in verticaler Lage oben befestigter, Muskel von der Länge l werde durch einen elektrischen Reiz von der Stärke q tetanisirt. Er zieht sich unter constantem Einfluss des Reizes um eine gewisse Grösse zusammen, welche als Hubhöhe mit h bezeichnet werde. Die Zusammenziehung fängt erst bei einem endlichen Reizwerthe s, welcher somit als Schwellenwerth dafür auftritt, an bemerklich zu werden. Nun hat Preyer*) durch eine sinnreiche Combination von Versuchen und Schlüssen folgendes Gesetz, als myophysisches von ihm bezeichnet, für die Abhängigkeit der relativen Hubhöhe $\frac{h}{l}$ von der Stärke des Reizes q im Verhältniss zum Schwellenwerthe s gefunden:

$$\frac{h}{l} = k \log \frac{q}{s}$$

worin k eine Constante.

Diese Formel entspricht vollständig unsrer Massformel, nur dass sie zwischen rein physischen Grössen besteht.

Unstreitig kann diese Formel nur eine Approximation sein,

---

*) »Das myophysische Gesetz« Jena, Mauke, 1874. Die bekannten Versuche Ficks im »Lehrb. der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane« 1864. Th. 2. p. 349 kommen desshalb hier weniger in Betracht, weil sie sich auf Muskelzuckungen beziehen, welche durch momentane Reize ausgelöst werden.

welche hei hohen Reizwerthen ungültig wird, da nach ihr *h* bei wachsender Verstärkung des Reizes endlich grösser als *l* werden müsste, indess das mit endlichen Versuchen überhaupt nicht erreichbare Maximum von *h* nur kleiner als *l* sein kann. Auch hat man gegen die Begründungsweise der Formel mancherlei Einwände erhoben, und ist eine Discussion darüber entstanden, der ich nicht vollständig gefolgt bin. Aber gleich viel, lassen wir die für uns ungünstig erscheinende und wahrscheinlich doch richtige, Annahme, dass jedenfalls eine, in gewissen Grenzen approximative, Gültigkeit der Formel bestehe, zu, so ist Folgendes in Betracht zu ziehen.

Der Reiz wirkt zunächst auf den Nerven, der Nerv auf den Muskel. Nun fragt sich: folgt die Erregung des Nerven durch den Reiz einem logarithmischen Verhältniss dazu, die Hubhöhe einem proportionalen zur Nervenerregung oder umgekehrt? Erstres wäre im Sinne der Gegner, Letztres in meinem Sinne. Aber Erstres ist unmöglich, denn nach Massgabe, als mit Vergrösserung des Reizes die Hubhöhe wächst, entwickelt sich ein wachsender Widerstand gegen die weitere Hebung, die ihr bei einer gewissen Grenze Einhalt thut, und kann also die Hebungsgrösse gar nicht proportional mit der Nervenerregung wachsen, wogegen principiell nichts hindert, die Nervenerregung so lange mit der Reizwirkung in Proportion wachsend zu denken, als sich der Quell der lebendigen Kraft der Nerventhätigkeit nicht der Erschöpfung nähert, oder nicht ein ähnlicher Widerstand als für die Muskelzusammenziehung nachweisbar ist, von dem jedenfalls bis jetzt nichts nachgewiesen ist.

Auch kann man dem vorigen indirecten Schlusse durch einen viel directeren zu Hülfe kommen. Nach einer, mir von einer sachkundigen Autorität gemachten, Mittheilung macht es bei vergleichenden Versuchen über die Verhältnisse der Zusammenziehung eines Muskels unter dem Einflusse eines Reizes keinen Unterschied, ob der Muskel vom Nerven aus durch dessen Reizung oder direct nach Vergiftung durch Curare, wodurch der Nerv unthätig wird, gereizt wird. Wäre nun die Erregung des Nerven nicht proportional dem Reize, so könnten die Verhältnisse der Wirkung auf den Muskel sich in beiden Fällen nicht gleich bleiben.

In so weit das myophysische Gesetz wirklich mit dem psychophysischen Massgesetze übereinstimmt, wird man nach unsrer

Voraussetzung sagen können, dass der Empfindung, welche durch den Reiz im Nerven ausgelöst wird, die Leistung, welche der Nerv im Muskel auslöst, in Grösse entspricht. Nach der gegnerischen Voraussetzung, wonach die Empfindung der Erregung im Nerven einfach proportional ist, würde die Steigerung der Leistung weit hinter der Steigerung der Empfindung zurückbleiben.

Man kann hievon eine Anwendung auf folgende Bemerkung von Hering (p. 8) gegen die logarithmische Abhängigkeit der Gewichtsempfindung von Gewichten machen:

»Wenn man Einen, der im Werfen sehr geübt ist, eine Anzahl Kugeln von gleicher Grösse, aber sehr verschiedenem Gewichte nach einem Ziele werfen lässt, so wird er letzteres eben so wohl mit den leichteren als den schwereren Kugeln treffen. Vor jedem Wurfe wägt er die Kugel mit der Hand ab und bemisst danach die Grösse des willkührlichen Kraftaufwandes. Wie schwer aber die Kugel nach Grammen oder Lothen ist, weiss der Werfende in der Regel nicht zu sagen. Da er aber gleichwohl jede einzelne Kugel mit der ihrem Gewichte entsprechenden Kraft wirft, so folgt, dass er ihr Gewicht richtig aufgefasst hat; er hat, wie man zu sagen pflegt, das Gewicht im Gefühl gehabt.«

Hering findet diess ganz im Sinne der Annahme, dass die Stärke der Gewichtsempfindung proportional dem Gewichte wachse, wenn schon er zugesteht, dass kein strenger Beweis darin liege, da man möglicherweise auch bei einem andern Verhältniss zwischen Empfindung und Reiz durch Erfahrung kennen lernen könnte, welches Mass willkührlichen Kraftaufwandes jedes bestimmte Gewicht erfordert. Und in der That möchte ein ungeübtes Kind die richtige Abwägung dabei durchaus verfehlen. Aber man sieht nun auch aus voriger Betrachtung, dass unter Voraussetzung des Preyerschen Gesetzes die Empfindung und die Leistung des Muskels, welche beim Wurfe in Betracht kommt, proportional gehen, ohne dass der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Gewichte dadurch widersprochen würde. Wie denn auch Delboeuf (Rev. p. 233) kurz bemerkt, »dass, wenn man ein logarithmisches Gesetz annimmt, nichts hindere, zweie zuzulassen«, und dabei den Scharfsinn des Heringschen Einwandes anerkennt, wie ich nicht minder thue.

Folgendes ein andrer hier in Betracht zu ziehender Fall.

Die »Nature« bringt in ihrer no. 193 vom 10. Juli 1873 eine Mittheilung über eine Untersuchung von Dewar und Mc Kendrick, welche im »Naturforscher« 1873 no. 37 übersetzt wiedergegeben ist, und der ich Nachstehendes entnehme.

Schaltet man ein, aus einem eben getödteten Frosch, Reptil oder Fisch frisch ausgeschnittenes Auge*) unter erforderlichen

---

*) Mittelst geeigneter, in der betreffenden Mittheilung angegebener, Massnahmen liessen sich entsprechende Resultate als die obigen auch am Auge noch lebender Vögel und Säugethiere erhalten, bei welchen die Erregbarkeit

Massnahmen, wie sie Dubois zur Darstellung des natürlichen Muskel- oder Nervenstroms anwendet, so in einen Multiplicator ein, dass das eine Drahtende mit der Hornhaut, das andre mit dem Querschnitt des Sehnerven communicirt, so entsteht durch letztern Strom ein Ausschlag am Multiplicator, welcher, mittelst Spiegelvorrichtung abgelesen, bei den Versuchen bis etwa 600 Grad der Scala ging. Nachdem man beobachtet hat, dass die Ablenkung im Dunkeln constant ist, lässt man das Licht einer Gasflamme zutreten. In diesem Moment ändert sich die Ablenkung. »Zuerst zeigt sich eine Zunahme, dann eine Abnahme, und wenn man das Licht entfernt, erfolgt wieder eine Zunahme der [durch die Ablenkung angezeigten] elektromotorischen Kraft. Gelegentlich sieht man in Folge des Absterbens des Nerven nur eine geringe Zunahme und dann eine Abnahme, aber das Ansteigen beim Entfernen des Lichtes ist stets constant. Die Grösse der Aenderung der elektromotorischen Kraft [d. i. der Ablenkung] durch die Einwirkung des Lichts ist etwa 3 p. C. des Gesammtwerthes.«

»Die Aenderung ist nicht proportional der Lichtmenge bei verschieden intensiven Lichtern, sondern dem Logarithmus des Quotienten, und stimmt somit mit dem psychophysischen Gesetze von Fechner.«

»Die Aenderung rührt wesentlich von der Netzhaut her, da, wenn dieses Organ entfernt ist, während die andern Gebilde des Auges bleiben, keine Empfindlichkeit für Licht existirt, obschon noch eine elektromotorische Kraft vorhanden ist.«

»Diese Aenderung kann verfolgt werden bis in die Sehhügel.«

Die Mittheilung, aus welcher das Vorige ausgezogen ist, ist nur eine vorläufige; ich weiss nicht, ob seitdem eine vollständigere Darstellung der Untersuchung erschienen ist; die vorige aber lässt noch über manche Puncte Unklarheit bestehen. Geht der erste Ausschlag, ins Positive von der ursprünglichen Abweichung an gerechnet, nach Zulassung des Lichtes sofort ins Negative über, oder mindert sich die erste positive Zunahme nur allmälig, ohne bis zur ersten Abweichung zurückzukommen? und ist mit der Grösse der Aenderung von 3 p. C. des Gesammtbetrages die erste positive

---

der Nerven nach dem Tode zu schnell erlöscht, um das Auge der getödteten Thiere anzuwenden.

Aenderung nach Zulassung des Lichtes oder die Differenz zwischen derselben und der rückgängigen Bewegung gemeint? Wie dem auch sei, so scheint jedenfalls durch diese Versuche direct bewiesen, dass zwischen dem Lichtreize und seiner Wirkung auf den Nerven nicht ein einfach proportionales, sondern ein logarithmisches Verhältniss bestehe, was vielmehr im gegnerischen als meinem Sinne ist.

Aber sehen wir näher zu, so gilt für diesen Fall eine analoge Betrachtung als für den vorigen. Nach unseren jetzigen Kenntnissen rührt der natürliche Nervenstrom ohne Zutritt eines Reizes bei Schliessung der Kette daher, dass die in sich elektrisch differenten Nervenmolecüle in eine zur Entstehung eines Stromes geeignete Lage gestellt sind. Nimmt der Strom durch Zutritt eines Reizes zu oder ab, wovon letztres sich bei anderweiten Versuchen als sog. negative Schwankung geltend macht, so kann diess nur daher rühren, dass sich die Nervenmolecüle in eine zur Verstärkung oder Schwächung des Stromes geeignete Lage stellen, und es kann sehr wohl sein, dass ein Widerstand gegen diese Aenderung einer Lage, worin sie durch natürliche Bedingungen gehalten werden, stattfindet, der mit der Grösse der Aenderung wächst, entsprechend wie es im vorigen Falle mit der Aenderung der Lage der Muskelmolecüle, wovon die Contraction abhängt, der Fall war, und dass hiebei wieder ein logarithmisches Verhältniss sich geltend macht. Aber die Empfindung hängt voraussetzlich an Schwingungen, welche mit der Lagenänderung der Molecüle zugleich entstehen*), und es ist keineswegs selbstverständlich, dass deren lebendige Kraft, oder welches Mass für die psychophysische Thätigkeit anzunehmen sein mag, sich proportional mit der Aenderung der Stellung der Molecüle ändert; obwohl es sein kann, dass ein gewisser Einfluss darauf stattfindet, welcher beiträgt, die in der äusseren Psychophysik zu Tage tretenden Abweichungen zu bedingen. Jedenfalls können nach vorigen Bemerkungen die Versuche von Dewar und Mc Kendrick über unsre Frage gar nichts entscheiden.

Nun kann man sagen, die Duboissche Hypothese der elektri-

*) Auch die negative Schwankung, welche nach anderweiten Versuchen der Physiologen durch einen tetanisirenden Nervenreiz entsteht, ist nachweislich von Schwingungen der Molecüle begleitet.

schen Beschaffenheit der Nervenmolecüle, auf der wir hiebei gefusst haben, ist eben eine Hypothese. Aber jede andre Hypothese, die man dafür aufzustellen versuchen mag, wird dasselbe für Erklärung der Thatsachen und hiemit auch unstreitig für die Erläuterung unsres Falles leisten müssen. Ueberhaupt aber leuchtet von vorn herein ein, dass statische oder Gleichgewichtsphänomene, wie die Grösse einer Muskelcontraction, und die negative Stromschwankung, die unter dem Einflusse eines continuirlichen äussern Reizes zu Stande kommen, nicht sehr geeignet scheinen, eine fortgehende psychische Thätigkeit daran geknüpft zu denken; dafür aber, dass Schwingungen, unter deren Form wir doch am wahrscheinlichsten die psychophysische Thätigkeit zu denken haben, in logarithmischem Verhältnisse von andern Schwingungen — und der Lichtreiz ist doch ein oscillatorischer — abhängen, ist mir auch jetzt noch kein Beispiel bekannt.

Wollte man dennoch die Hypothese aufstellen, dass die Empfindung vielmehr von der Lagenveränderung der Molecüle als von Schwingungen abhänge, so fragte sich, was mit einer solchen Hypothese zu machen? Nach der Hypothese der Schwingungen können wir die verschiedenen Qualitäten der Empfindung mit der verschiedenen Periodicität und Form der Schwingungen in Beziehung denken; womit aber nach der Hypothese der Lagenänderung? Nach erster ist die innere Bedingung der Empfindung der äussern ganz adäquat, nach letzter ganz inadäquat.

Dass der Lichtreiz bei den vorigen Versuchen seine Wirkung versagt, wenn die Netzhaut entfernt ist, stimmt damit zusammen, dass der Lichtreiz auch im lebendigen Geschöpfe bei directer Wirkung auf den Nerven ohne Zwischenwirkung der eigenthümlichen Endapparate, welche die Netzhaut constituiren, keine Empfindung giebt, wie der blinde Fleck an der Eintrittsstelle des Sehnerven, wo diese Endapparate fehlen, beweist. Unstreitig also erwecken die Schwingungen des äussern Lichtes erst in den Endapparaten eigenthümliche (chemische) Vorgänge von oscillatorischer Natur (s. Abschn. XIII), von welchen sich Schwingungen durch den Nerven fortpflanzen; aber nichts hindert, auch nach dieser Vorstellung den äussern Schwingungen die dadurch erweckten inneren proportional zu denken.

Bernstein nimmt an, dass die vom Reiz abhängige Erregung sich zwar ungeschwächt durch den Empfindungsnerven fortpflanzt,

dass aber die Ganglienzellen des Gehirns der Fortpflanzung einen Widerstand entgegensetzen, vermöge dessen jede die lebendige Kraft der in sie eintretenden Erregung um einen dem Grade dieser Erregung proportionalen Theil vermindere. — Sei es; aber dadurch kann die Proportionalität der gesammten, durch das Gehirn fortgepflanzten Erregung mit dem Reize nicht leiden; der doppelte Reiz wird eine doppelte Erregung beim Eintritt ins Gehirn mit doppelter Schwächung im Fortschritt durch dasselbe, der dreifache eine dreifache mitführen; das ändert die Proportionalität nicht.

Bernstein vertieft ferner seine Ansicht dahin (no. 2 p. 177), dass im Grunde die Vernichtung der lebendigen Kraft der Erregung durch den Widerstand der Ganglienzellen des Gehirns es sei, wovon die Empfindung abhänge. Obwohl ich dieser Auffassung nicht wirklich beitrete, lassen wir sie immerhin hier gelten. Nun wird aber der Verbrauch der ganzen lebendigen Kraft, welche dem Reize proportional in das Gehirn eintritt, seiner Grösse nach durch die Grösse der lebendigen Kraft selbst gegeben sein, also die von den Gegnern gesuchte logarithmische Abhängigkeit des psychophysischen Processes vom Reize eben so wenig bestehen, wenn man den psychophysischen Process im Verbrauche von lebendiger Kraft, als wenn man ihn in solcher selbst sucht, kurz der Ansicht der Gegner damit wieder nicht geholfen sein. Auch kommt Bernstein zu seiner, von der unsrigen in eigenthümlicher Weise abweichenden, Ansicht (S. 20) nur dadurch, dass er als Mass der Empfindung vielmehr nur die von ihm als beschränkt angesehene Zahl der, den Verbrauch der lebendigen Kraft vollziehenden, Zellen als die Gesammtgrösse des Verbrauches selbst durch die Zellen ansieht. (Das Nähere über Bernsteins Ansicht unter XV.)

Ich vermuthe wohl, dass im Gebiete der neueren Experimentalphysiologie noch Manches vorliegt, was bezüglich der, in diesem Abschnitt verhandelten, Frage discutirbar wäre, gestehe aber, dass mir diess Gebiet seit lange ziemlich fremd geworden ist, und habe mich aus den, im Vorwort angegebenen, Gründen nicht mehr weit und tief genug hineinstudiren können, um darin recht orientirt zu sein. Inzwischen dürfte eine Rücksichtnahme darauf immer zu den vorigen Gesichtspuncten zurückführen. So wenigstens scheint es mir mit folgenden Untersuchungen zu sein, deren ich hier noch kurz gedenken will, ohne sie freilich gründlich genug haben ein-

sehen zu können, um der richtigen Verwerthung ganz sicher zu sein.

Exner zieht aus einer ausgedehnteren Untersuchung*) u. a. (p. 24) das folgende Resultat:

»Wenn die Intensitäten der Beleuchtung eines Gegenstandes in geometrischer Progression [mithin die Logarithmen der Intensitäten in arithmetischer Progression] zunehmen, so nehmen die zur Wahrnehmung desselben nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression ab.«

Er nimmt die Gültigkeit dieses Satzes für Lichtintensitäten, welche einen gewissen Grad (etwa die Intensität eines durch directes Sonnenlicht beschienenen weissen Papiers) nicht überschreiten, in Anspruch; und bemerkt p. 22, dass nachweislich gleich die erste Portion einfallenden Lichtes eine Wirkung auf die Netzhaut ausübe.

Sei nun γ die Stärke der Empfindung, β die Intensität des Lichtreizes, bezogen auf den Schwellenwerth als Einheit, t die vom Anfange der Einwirkung des Lichtes verflossene Zeit, k eine Constante, so entspricht jedenfalls die folgende Gleichung in einfachster Weise obigem Erfahrungssatze, ohne freilich allgemein durch ihn bewiesen zu sein, da alle Abänderungen von t und β im angegebenen Sinne blos immer für denselben bestimmten Werth von γ beobachtet sind:

$$\gamma = kt \log \beta$$

Nämlich, wenn die Empfindung γ eben auf die Schwelle tritt, d. h. merklich zu werden beginnt, ist sie als gleich anzusehen, welche Werthe auch t und β dabei haben mögen; nach dem Satze des Verf. aber gehört erfahrungsmässig zur Herstellung dieser Gleichheit, dass sich t im umgekehrten Verhältniss von $\log \beta$ ändere.

Auf eine ins Unbestimmte gehende Gültigkeit der vorigen Formel über den Schwellenwerth von γ hinaus, wonach γ ins Unbestimmte mit t wachsen müsste, darf man nicht rechnen, wie auch Exner keine solche für seinen Satz in Anspruch nimmt. Denn einmal ist in der Formel die mi der Dauer des Reizes zunehmende Schwächung der Empfindlichkeit nicl berücksichtigt; zweitens fragt sich, ob die Proportionalität von γ mit nicht blos für so kleine t, als bei den betreffenden Versuchen in Ansch

*) In s. Abh. »Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit« 58. Bande der Wien. Sitzungsber. 1868.

kommen, genau ist. Gesetzt z. B. statt t hätte man eigentlich zu setzen $1-e^{-t}$, wo e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen bedeutet, so geht $1-e^{-t}$ für sehr kleine Werthe von t über in t, für grosse in den nicht überschreitbaren constanten Werth 1. Allgemein ist nämlich $e^{-t} = 1 - \frac{t}{1} + \frac{t^2}{2} \ldots$ worin bei kleinen Werthen von t die höhern Potenzen zu vernachlässigen, indess man für grosse Werthe von t hat $e^{-t} = \frac{1}{e^t} = 0$. Wonach sich für den erreichten Endzustand unsre reine Massformel ergäbe.

Darin nun, dass γ in voriger Formel nach logarithmischem Verhältnisse von β abhängt, entspricht sie jedenfalls unsrer Massformel, lässt aber zunächst die Alternative, die uns beschäftigt hat, unentschieden; es könnte ja danach γ in einfacher Proportion von der innern psychophysischen Thätigkeit, diese aber logarithmisch vom Reize abhängen, und man könnte meinen, dass nach Zuziehung anderweiter Versuche von Baxt*) wirklich in diesem Sinne zu entscheiden sei. Diese Versuche betreffen die Zwischenzeit, welche von dem Augenblicke verfliesst, wo ein Froschschenkel in eine verdünnte Schwefelsäure eingetaucht wird, und dem Augenblick, wo die durch den reflectorischen Reiz der Säure ausgelöste Muskelzuckung eintritt. Es fand sich, dass die Zwischenzeiten in einer geometrischen Progression zunehmen, während die procentalen Säuregehalte nach einer arithmetischen Progression fallen. Also hier dasselbe Gesetz für den Eintritt der Muskelzuckung, was Exner für den Eintritt der Empfindung fand. Und so könnte man sagen: Ohne Rücksicht auf Empfindung, die bei den Versuchen von Baxt gar nicht in die Erscheinung tritt, muss die Nervenerregung durch die Endwirkung des Reizes erst bis zu einem gewissen Grade gesteigert sein, ehe die Muskelzuckung beginnt, und diese Nervenerregung ist es, welche logarithmisch vom Reize abhängt. Aber die Nervenerregung hat sich ja erst auf den Muskel zu übertragen, um die Zuckung auszulösen, und wenn die bezüglich der Preyerschen Versuche angestellte Betrachtung richtig ist, wird sie sich auch hieher dahin übertragen lassen, dass die Muskelzuckung nicht minder als die Empfindung in logarithmischem Verhältnisse von der Nervenerregung, diese aber nach einfacher Proportion vom Reize abhängt.

*) Berichte der sächs. Soc. d. Wiss. 1871 p. 310 ff.

IX. Frage nach der Uebertragbarkeit des Gesetzes der Schwelle in die innere Psychophysik.

Dass das Gesetz der einfachen Reiz- oder Empfindungsschwelle wie das der Unterschiedsschwelle für die äussere Psychophysik besteht, dafür liegen offenkundige Thatsachen vor. Jeder Reiz wie Unterschied von Reizen bedarf thatsächlich einer gewissen endlichen, den Nullwerth übersteigenden, Grösse, um wahrgenommen zu werden, einen Eindruck im Bewusstsein zu machen, der von seinem Dasein Kunde giebt. Auch kann ein Reiz, den wir anfänglich wahrnahmen, dadurch, dass wir demselben längere Zeit ausgesetzt blieben, für uns unmerklich werden, indem sein Schwellenwerth sich für uns erhöht. Aber es fragt sich, ob dasselbe Gesetz in die innere Psychophysik übertragbar ist, ob auch ein endlicher, d. i. den Nullwerth übersteigender, Grad der psychophysischen Thätigkeit nöthig ist, damit die zugehörige Empfindungsqualität für das Bewusstsein spürbar wird, und ein Unterschied zwischen den Graden dieser Thätigkeit, damit ein Unterschied erkannt wird.

Die Wichtigkeit dieser Frage und der Zusammenhang derselben mit der Frage, ob einfache Proportionalität zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit besteht, ist im vorigen Abschnitte (S. 70 f.) besprochen worden. Die sich für die Proportionalität erklären, erklären sich damit zugleich gegen die Annahme einer innern Schwelle, indess deren Annahme in unserm Sinne liegt.

Nun kann man von vorn herein unsrer Annahme gegenüber geltend machen, dass sich für die äussere Schwelle Ursachen finden lassen, die für die Annahme einer innern nicht bestehen. So lässt sich recht wohl denken, dass ein sehr schwacher äusserer Reiz durch die äusseren Hindernisse, die sich seinem Eindringen entgegensetzen, oder wegen aufgehobener Nervenleitung gar nicht bis zum Innern des psychophysischen Systems durchzudringen vermöge, oder dass eine Art Trägheit in Auslösung der psychophysischen Thätigkeit durch den Reiz, analog als bei Anziehen eines Wagens auf unebenem Wege, einer gewissen endlichen Grösse des Reizes bedürfe, um überwunden zu werden.*)

*) Unter Anderm macht Delboeuf, in dessen Massformel kein Schwellenwerth eingeht, letztern Grund, auf den ich schon in den Elem. II. 431, als-

Bestehen nun wirklich solche Ursachen, so werden sie zur untern experimentalen Abweichung vom Weberschen Gesetze beitragen können, was zur Erklärung dieser Abweichung nur zu statten kommen würde. Aber die Erklärbarkeit der Schwelle aus solchen Ursachen reicht nicht überall aus, in sofern sie gleich bei den einfachsten Thatsachen, welche die Unterschiedsschwelle betreffen, im Stiche lässt. Wenn ich z. B. bei Lichtversuchen zwei Flächen neben einander sehe, von denen ich nach ihren Beleuchtungsverhältnissen gewiss weiss, dass sie einen physischen Helligkeitsunterschied haben, und doch bei genauester Aufmerksamkeit keinen Helligkeitsunterschied zu erkennen vermag; wenn ich bei Tage eben so wenig bei genauester Aufmerksamkeit einen Stern vom umgebenden Grunde zu unterscheiden vermag, ungeachtet er dem Grunde an der Stelle, wo er steht, einen beträchtlichen Grad physischer Helligkeit zufügt, so kann ich nicht mehr sagen, dass der Lichtreiz wegen äusserer Hindernisse keinen Zugang ins Innere gefunden, oder keine psychophysische Thätigkeit ausgelöst habe. Und warum nun, wenn die schwächste psychophysische Erregung im Bewusstsein spürbar werden könnte, wird bei starken Reizen sogar ein sehr erheblicher Ueberschuss des einen über den andern nicht spürbar, falls er nicht eine gewisse Grenze überschreitet?

Hiezu folgendes Citat aus Elem. I. 243: »Man stellt zwei Lampen neben einander und vor sie einen schattengebenden Körper. Jede der zwei Lampen giebt einen Schatten, der blos von der anderen Lampe erleuchtet ist, indess der umgebende Grund von beiden Lampen erleuchtet ist. Schraubt man nun den Docht der einen Lampe immer tiefer herab, oder entfernt sie immer weiter vom schattengebenden Körper, so sieht man den Schatten, den sie wirft, immer schwächer werden, und endlich diesen Schatten verschwinden, gleichsam von der allgemeinen Erleuchtung des Grundes absorbirt werden, ungeachtet doch noch beide Lichtquellen da sind. Ich bin ganz erstaunt gewesen, als ich zum erstenmal darauf aufmerksam wurde, zwei Lichter blos einen Schatten werfen zu sehen. Beide Lampen brennen deutlich, doch ist blos ein Schatten da. Mit einem Worte, wenn der Unterschied zwischen der Erleuchtung des einen Schattens und des umgebenden Raumes unter eine gewisse Grenze fällt, verschwindet der Unterschied total für die Empfindung und vermag durchaus nicht mehr wahrgenommen zu werden.«

---

in Betracht zu ziehend, hingewiesen, seinerseits (Théor. p. 51) geltend, dazu noch drei andre Gründe, die jedoch nur eine schwache, nicht fehlende, Empfindung bei schwachen Reizen oder Reizänderungen begründen könnten, also nicht durchschlagen.

»Dieser Versuch ist namentlich desshalb sehr frappant, weil man die Componenten hier zugleich im Auge hat, und das Auge scharf, ruhig und stetig auf die Grenzlinie derselben richten kann, während man ihren Unterschied zum Verschwinden bringt, also weder von einem Vergessen des früheren Eindruckes, noch Uebersehen des Unterschiedes die Rede sein kann.«

Unstreitig zwar ist die Unterschiedsschwelle, die überschritten werden muss, damit ein Unterschied bemerklich werde, nicht mit der einfachen Empfindungsschwelle zu verwechseln; aber man sieht nicht ein, welches Princip gegen die eine Schwelle laufen könnte, das nicht zugleich gegen die andre liefe. Soll der Grund der innern Unterschiedsschwelle darin liegen, dass die Leitung zwischen zwei nicht stark genug in psychophysischer Erregung differirenden Stellen fehlt, so wäre diess bei zwei nachbarlichen Stellen nicht nur höchst unwahrscheinlich, sondern verträgt sich auch nicht damit, dass wir einen schon sehr merklichen Lichtunterschied zwischen zwei beleuchteten Flächen dadurch zum Verschwinden bringen können, dass wir die Beleuchtung beider verstärken, die der hellern aber in schwächerm Verhältnisse als die der minder hellen, wie man sich bei den Schattenversuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes leicht überzeugen kann, ungeachtet der Leitungswiderstand zwischen beiden durch die beiderseitige Verstärkung um so leichter überwunden werden müsste. Oder soll der Grund der mangelnden Unterscheidung umgekehrt darin liegen, dass die psychophysischen Thätigkeiten beider Stellen sich bei zu geringem verhältnissmässigen Unterschiede der Reize ausgleichen? Aber da bei grossem verhältnissmässigen Unterschiede keine innerliche Ausgleichung statt hat, so könnte man bei geringerm Unterschiede wohl eine grössere Annäherung an die Ausgleichung, aber nicht eine völlige Ausgleichung erwarten; auch können ja beide beleuchtete Flächen durch ein dunkles Intervall von Raum oder Zeit geschieden sein, ohne dass die Unterschiedsschwelle aufhört zu bestehen.

Unstreitig wollen in einem psychophysischen System die Thatsachen in Zusammenhang gefasst und beurtheilt werden, und kann man also nicht, wenn man der innern Psychophysik die Unterschiedsschwelle zugestehen muss, ihr ohne bindende Gründe die einfache Empfindungsschwelle absprechen. Oder wenn, wie manche wollen, ohne dass ich ihnen darin beistimme, alle Empfindungen principiell als Unterschiedsempfindungen zu fassen

sein sollten (vergl. Abschn. XII), so würde es ja überhaupt schon hinreichen, die Unterschiedsschwelle als hinreichend begründet für das Innere nachgewiesen zu haben.

Uebrigens fehlt es doch auch nicht an Thatsachen, welche sich auf die einfache Empfindungsschwelle in unserm Sinne beziehen lassen, ohne dass die obigen Einwände darauf Anwendung finden; nur dass sie keinen so einfachen Charakter tragen als die vorigen, auf die Unterschiedsschwelle bezüglichen, also leichter anderweiten Deutungen aus diesem oder jenem hypothetischen Gesichtspuncte ausgesetzt sein mögen.

Hieher gehört die bekannte Thatsache, dass wir ein, in der Zerstreuung überhörtes, Wort nachträglich noch durch demgemässe Richtung der Aufmerksamkeit zum Bewusstsein bringen können. Unstreitig lässt sie sich nicht so erklären, dass das Wort nicht bis zum Sitze der psychophysischen Thätigkeit habe durchdringen können, wohl aber so, dass durch Zutritt der psychophysischen Thätigkeit der Aufmerksamkeit die psychophysische Erregung durch das Wort einen Zuwachs erhalten und damit über die Schwelle des Allgemeinbewusstseins gehoben werden könne. Dazu muss aber doch eine innere Schwelle vorhanden sein. Andrer Thatsachen von gleichem Charakter habe ich in Elem. II. 432 gedacht.

Mit Thatsachen dieser Art aber hängen andre thatsächliche Verhältnisse zusammen, von denen ich nicht weiss, wie ohne Annahme einer innern Schwelle überhaupt an eine psychophysische Repräsentation gedacht werden kann; auch haben sich die Gegner mit ihren, von den meinigen abweichenden, Ansichten nirgends an sie gewagt und meine Darstellung derselben nur einfach ignorirt; ich rechne es aber dem Schwellenprincip sehr zum Vortheil, dass man sich mit Hülfe desselben daran wagen kann. Von den eingehendern Erörterungen hierüber im 42. Kap. meiner Elemente hier nur kurz Folgendes.

Wenn wir ein sinnliches Phänomen auffassen oder uns ein solches in der Vorstellung vergegenwärtigen, so ist die Intensität unserer Bewusstseinsthätigkeit einerseits durch den Grad der Aufmerksamkeit bestimmt, mit welcher wir das sinnliche oder Erinnerungsphänomen auffassen, anderseits durch die Lebhaftigkeit oder Stärke, mit welcher uns das Phänomen selbst erscheint. Wir können ein dunkles Bild mit intensiver Aufmerksamkeit betrachten, auf einen schwachen Schall mit intensiver Aufmerksamkeit horchen,

sogar auf einen horchen, der gar nicht da ist; ist aber ein sinnliches oder Erinnerungsphänomen da, so wird die Stärke, in der uns das Phänomen erscheint, in andrer Weise als die Aufmerksamkeit zur Intensität der ganzen Bewusstseinsthätigkeit, die wir in Auffassung des Phänomens verwenden, beitragen; denn wir können sehr wohl unterscheiden, was dabei auf Rechnung der Stärke der Aufmerksamkeit und des besondern Phänomens kommt. Wonach z. B. ein Grau oder Weiss uns nicht heller, ein Schall nicht lauter erscheint, wenn wir eine verstärkte Aufmerksamkeit darauf richten; wir fühlen eben nur unsere Aufmerksamkeit verstärkt. Aber seltsam, während so der Grad der Aufmerksamkeit einflusslos auf die Stärke des Phänomens erscheint, entschwindet dasselbe ganz dem Bewusstsein, wenn sich die Aufmerksamkeit gar nicht darauf richtet. Wer ganz ins Studiren versenkt ist, sieht und hört so zu sagen nicht, was um ihn vorgeht, man kann so ins Hören eines Concerts vertieft sein, dass alles Sichtbare in der Umgebung unserm Bewusstsein schwindet u. s. w.

Wie erklärt sich diess Verhältniss? Nach meiner Auffassung so: die Aufmerksamkeit ist ein allgemeines psychisches Phänomen, d. h. welches in jedem Sinnes- wie höherem geistigen Gebiete ins Spiel tritt, und welchem, wenn man eine durchgebildete Psychophysik verlangt, auch eine entsprechend allgemeine psychophysische Thätigkeit unterzulegen ist. Diese allgemeine Thätigkeit aber wird durch Thätigkeiten von specialer Natur, woran die specialen psychischen Phänomene hängen, mitbestimmt*), und das Totalbewusstsein, was bei Auffassung eines Sonderphänomens ins Spiel kommt, ist durch die Zusammensetzung von beiden bestimmt. Nun hat das Totalbewusstsein, hiemit die gesammte ihm unterliegende psychophysische Thätigkeit, seine Schwelle, und wenn diese nirgends überstiegen ist, findet traumloser Schlaf statt; die besondere Thätigkeit aber, an welcher das Specialphänomen hängt, hat eine davon unterscheidbare Schwelle (Specialschwelle). Mag nun die Aufmerksamkeit noch so stark auf ein Gebiet gerichtet sein, wenn diese Specialschwelle nicht erreicht ist, so nehmen wir

*) Zu einem allgemeinen Anhalt für die Vorstellung kann man an die Mitbestimmung der Schwingung eines Grundtones durch die Schwingungen von Obertönen denken; nur dass die psychophysischen Processe der Aufmerksamkeit und der sinnlichen Sonderphänomene unstreitig viel weiter auseinander weichen.

nichts von dem Phänomen wahr, obwohl wir die Richtung der Aufmerksamkeit darauf spüren; nach Massgabe, als sie überstiegen wird, erscheint uns das Phänomen in grösserer Stärke, unabhängig von dem Grade der Aufmerksamkeit, wenn nur die Schwelle des Totalbewusstseins, an welchem die Aufmerksamkeit wesentlich Antheil hat*), überstiegen ist. Ist diess aber nicht der Fall, so kann die Schwelle des Sonderphänomens noch so sehr überstiegen sein, und dasselbe entschwindet doch dem Totalbewusstsein, d. h. Bewusstsein überhaupt.

Natürlich, wenn man, wie von Manchen geschieht, der Aufmerksamkeit eine psychophysische Unterlage entzieht, entzieht man damit zugleich der vorigen Erklärung ihren Grund. Aber abgesehen von den Gründen, welche von factischer Seite jener Entziehung entgegenstehen**), halte ich es selbst für einen, der Psychophysik zu statten kommenden, Vortheil, dass man nicht durch Thatsachen dieser Art genöthigt ist, ihr solche zu entziehen.

Die Frage nach der Gültigkeit einer innern Schwelle hängt so sehr mit der Frage und Deutung negativer Empfindungswerthe zusammen, dass wir sie mit vorigen Betrachtungen noch keineswegs erledigt halten können, sondern zum Schlusse des folgenden Abschnittes wieder werden darauf zurückzukommen haben.

Wenn ich in meiner Abhandlung gegen Aubert (p. 11) zu Gunsten des Weberschen Gesetzes gesagt habe, dass es auch das Schwellengesetz hergebe, so ist das unbedacht gesagt, nämlich in sofern unrichtig, als vielmehr das Schwellengesetz mit dem Weberschen Gesetze zusammen das logarithmische Massgesetz hergiebt, aus dem natürlich das Schwellengesetz dann wieder als Folgerung fliesst. Günstig aber bleibt jedenfalls für die fundamentale Gültigkeit des Schwellengesetzes, abgesehen von den dafür sprechenden Thatsachen,

---

*) Eben so wie den Specialempfindungen kann man der darauf zu richtenden Aufmerksamkeit eine besondere Schwelle zusprechen. Die Schwelle des Totalbewusstseins aber hängt functionell von beiden ab. Vergl. hiezu eine berichtigende Bemerkung zum 42. Kap. der Elemente im XXIII. Abschnitt.

**) Bei angestrengter Aufmerksamkeit auf irgend etwas ist jede willkührliche Vornahme einer physischen Kraftäusserung unmöglich, indem die willkührlich disponible körperliche Kraft für die Aufmerksamkeit in Anspruch genommen ist. Die Ohren spitzen, die Augen aufreissen, sich den Kopf zerbrechen, sind alles Ausdrücke für unwillkührliche Reflexbewegungen bei Anstrengung der Aufmerksamkeit in gegebenen Gebieten.

dass sich aus dem reinen Weberschen Gesetze überhaupt gar kein endliches Mass für endliche Empfindungen gewinnen liesse, ohne dass man das Schwellenprincip zuzieht, wie in Elem. II. 34 gezeigt worden.

Wenn aber Langer (p. 66) sagt: »dass die Thatsache der Schwelle aus jeder beliebigen Curve als psychophysischem Gesetz fliessen könne, weil sie nur die Forderung enthalte, dass die Curve für einen gewissen endlichen Werth, die Schwelle, die Abscissenaxe schneiden soll; welche Forderung durch alle möglichen Curven erfüllt werden könne«; so frage ich ihn, ob sie z. B. aus der Curve $\gamma = k\beta$ oder $= k\beta^2$ etc. als psychophysischem Gesetz fliessen könne. Er wird sagen: o ja, ich brauche dazu nur den Anfangspunct der Abscisse β zu verlegen. Ich erwiedere: o nein, es ist bei einer Curve als psychophysischem Gesetz eben nicht willkührlich, wohin ich den Anfangspunct der Abscisse verlege; vielmehr ist es eine, nur durch besondere Thatsachen geforderte und aus der logarithmischen Massformel wieder fliessende Eigenheit der psychophysischen Curve, dass der Anfangspunct der Abscisse an einen Punct gelegt werden muss, der in einem endlichen Abstande vom Schneidungspuncte mit der Curve liegt. Wir haben es hier eben nicht mit einer abstracten mathematischen Curve, sondern einer solchen zu thun, die durch das Verhältniss von Ordinate γ in der bestimmten Bedeutung als Empfindung zur Abscisse β in der bestimmten Bedeutung als Reiz erfahrungsmässige Verhältnisse beider auszudrücken hat. Kurz, ich finde hier bei Langer dieselbe Untriftigkeit, deren ich bei Delboeuf S. 95 zu gedenken haben werde.

X. Einwände gegen die negativen Empfindungswerthe. Weitere Bemerkungen über die Schwelle (Delboeuf, Langer, Preyer).

Wenn die Grösse des Reizes β oder der psychophysischen Thätigkeit, die durch den Reiz ausgelöst wird, unter den Schwellenwerth b fällt, so nimmt nach der Massformel die Empfindung γ negative Werthe an (S. 8. 10). Und selbst rücksichtslos auf die Gültigkeit unsrer Massformel wird man sich überall zur Annahme von negativen Empfindungswerthen unter der Schwelle geführt finden, wenn man nur das Schwellengesetz selbst zulässt, das ja auch abgesehen vom Weberschen und logarithmischen Massgesetze bestehen könnte; denn während das logarithmische Massgesetz des Schwellengesetzes zur Ableitung bedarf (Elem. II. 34), gilt nicht das Umgekehrte. Und wie die einfache Empfindung muss die Unterschiedsempfindung und jede, an psychophysische Thätigkeit gebundene, psychische Thätigkeit überhaupt, wofür eine Schwelle

besteht, negative Werthe unter der Schwelle annehmen. Kurz, der Begriff der psychophysischen Schwelle und negativer psychischer Werthe unter der Schwelle sind, mindestens so wie ich selber beide verstehe, solidarisch.

In der That, wenn die Empfindung γ, um uns zunächst an diese zu halten, merkliche Werthe für das Bewusstsein erst mit Uebersteigen eines gewissen Reizwerthes b (oder der dadurch ausgelösten psychophysischen Thätigkeit) gewinnt, und in functioneller Abhängigkeit von dem Grade dieses Uebersteigens selbst steigt, so ist selbstverständlich, dass, so lange b nicht erreicht ist, etwas an dem Zustandekommen der Empfindung fehlt, und, wie man das Sinken einer Welle unter das Niveau durch negative Höhenwerthe bezeichnet, wenn man für das Uebersteigen positive hat, wird man natürlicherweise auch das, was am Erreichen des Punctes, von wo an die Empfindung erst merkliche positive Werthe erhält, noch fehlt (nicht zu verwechseln mit dem, was an dem dazu erforderlichen Reizgrade noch fehlt), mit negativem Vorzeichen zu behaften haben, wenn man das, was ihn übersteigt, mit positivem Vorzeichen behaftet, soll sich überhaupt eine functionelle Abhängigkeit der Empfindung vom Reize durch die ganze Reizscala forterhalten.*) Nun besteht die Aufgabe, das Mass der negativen Entfernung vom Nullpunct der Empfindung oder des Gesunkenseins darunter mit dem Masse der positiven Erhebung darüber in eine gemeinsame functionelle Abhängigkeit vom Reizwerthe zu setzen, was unter Voraussetzung der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes durch die Massformel geschieht.

Ein directes Mass für das, was am Zustandekommen einer Empfindung noch fehlt, haben wir nicht im Bewusstsein. Das Mass dafür durch die Massformel ist aber die Consequenz der mathematischen und experimentalen Gründe, auf welche sich das Mass der Empfindungen, welche den Schwellenwerth, d. i. Nullwerth der Empfindung, positiv übersteigen, stützt, und ist dieser Consequenz gemäss zu verstehen. So, richtig gefasst und verstanden, ist das Inbegriffensein der negativen Empfindungswerthe

*) Anders, wenn die Stärke einer Empfindung mit der Höhe einer Welle nicht über dem Niveau, sondern über dem Boden zu vergleichen wäre, in welchem Falle es keine Schwelle, kein Sinken unter den Boden, mithin keine negativen Empfindungen gäbe.

zugleich mit den positiven in derselben Formel keineswegs gleichgültig für die Erfahrung. Denn wenn schon die negative Empfindung als solche nicht in die Erfahrung tritt, und man in keiner Weise nach directer Aussage des Bewusstseins angeben kann, wie viel an dem Zustandekommen einer Empfindung fehlt, so doch nach der durch die Formel gegebenen Beziehung der negativen Empfindung zum Reizwerthe, wie viel noch an dem Reizwerthe fehlt, der zum Zustandekommen einer positiven, d. i. wirklichen, Empfindung nöthig ist, was beides wichtig ist nicht zu verwechseln. Es soll sich ja in der Psychophysik um die Kenntniss der functionellen Beziehung zwischen körperlicher und geistiger Thätigkeit handeln. Dazu aber gehört auch, zu wissen, ob mehr oder weniger an den körperlichen Bedingungen des Daseins einer Empfindung fehlt, oder, was auf dasselbe herauskommt, wie viel von dieser Bedingung (β) da ist, und was erreicht werden muss (b), damit die Bedingung zur wirklichen Empfindung erfüllt sei. Soll nun eine Formel ebenso für den Fall passen, dass diese Bedingung nicht erreicht, als dass sie überschritten ist, so nimmt die Empfindung von selbst negative Werthe für ersten Fall an, während sie positive für den zweiten annimmt, und das Mass derselben ersten Falls ist nicht das der unvollständigen Bedingung (β) selbst, sondern steht in gleicher functioneller Abhängigkeit davon als das der positiven Empfindung von der überschrittenen Bedingung.

Man darf überhaupt nicht übersehen, dass die negativen Empfindungswerthe (so lange sie nicht bis zu $-\infty$ bei $\beta = 0$ herabsinken) immer mit einem positiven Momente behaftet bleiben, welches nur eben nicht die Empfindung selbst, sondern den Reiz oder die psychophysische Thätigkeit angeht, und wodurch das Dasein der negativen Empfindung von dem Fehlen eines Anlasses zur Empfindung überhaupt unterschieden bleibt. Dass etwas zum Dasein einer positiven Empfindung fehlt, hängt, wie eben bemerkt worden, functionell daran, dass etwas zur Erfüllung der physischen Bedingung fehlt, bei welcher die Empfindung positiv zu werden beginnt; aber eine unvollständige Bedingung dazu ist doch schon da, welche nur der Ergänzung bedarf, um in positive Empfindung auszuschlagen, ihrerseits aber eine solche Ergänzung andersher gegebenen Anlässen zur Empfindung zu gewähren vermag, und auch ohne Ergänzung zu bewusster Empfindung physi-

sche Erfolge im psychophysischen Systeme zu erzeugen vermag, welche von gleicher Natur sind, als die durch die vollständigen Bedingungen bewusster Empfindungen erzeugten. Von diesen Verhältnissen hängt die wichtige Rolle ab, welche die psychophysischen Thätigkeiten unter der Schwelle im sogen. unbewussten Leben spielen; und in Rücksicht hierauf habe ich die ihnen functionell zugehörigen Empfindungen auch selbst unbewusste Empfindungen genannt, auf welchen Namen übrigens nichts ankommt, wenn es gilt, die angegebene sachliche Bedeutung der negativen Empfindungen oder allgemeiner der negativen Bewusstseinsphänomene unter der Schwelle überhaupt zu vertreten.

Nur auf Grund der Vorstellungsweise, dass bei den sogen. unbewussten Zuständen des Seelenlebens noch ein Rest von den physischen (psychophysischen) Bedingungen des Bewusstseins unter der Schwelle fortbesteht, ohne dass er zum Bewusstsein selbst hinreicht, scheint mir überhaupt ein klarer Unterschied unbewusster Zustände von bewussten zu gewinnen, und die Forterhaltung eines causalen Zusammenhanges zwischen bewussten durch unbewusste hindurch sich verstehen zu lassen, so dass die Psychologie in dieser Hinsicht ohne Psychophysik nicht auszukommen vermöchte. In der That, wenn das bewusste Seelenleben zeitweise durch Zustände geschwundenen Bewusstseins (Schlafzustände) unterbrochen wird*), spielen doch die physischen Bedingungen desselben unter der Schwelle zur Erhaltung des causalen Zusammenhanges fort, und erhebt sich das Spiel beim Erwachen nur wieder ins Bewusstsein, wie es beim Einschlafen unter die Schwelle sank. Dasselbe aber, was vom ganzen bewussten Leben, kann von besondern Bestimmungen desselben gelten, wie die Thatsachen des Gedächtnisses beweisen. Jede andre Vorstellungsweise, was unbewusste Zustände einerseits bewussten, andrerseits bewusstlosen (wo die psychophysische Bewegung ganz schweigt), gegenüber sind, scheint mir sachlich unklar. Um sich aber nicht in begriffliche Widersprüche zu verwickeln, hat man beim Ausdrucke »unbewusste Empfindung« den Mangel an Empfindung psychischerseits nicht mit der unvollständigen Bedingung derselben physischerseits zu verwechseln, und könnte zwar durch die Definition selbst vielmehr letztere als erstere als unbewusste Empfindung bezeichnen, um so zu sagen eine palpable Vorstellung dafür zu haben, würde aber damit aus dem begrifflichen Zusammenhange und der für die

---

*) Manche freilich meinen, ohne dass sich ein sichrer Beweis oder Gegenbeweis führen lässt, dass es keinen Schlaf ohne Träume (deren wir uns nur nicht überall erinnern können) giebt. Aber wäre es so, so würden die fast immer wirren Traumvorstellungen doch wenig geeignet sein, den Causalzusammenhang zwischen den vernünftigen wachen Zuständen fortzuerhalten. Uebrigens kann man sich des allmäligen Schwindens von Bewusstsein bei Annäherung an den Schlaf wohl selbst noch so bewusst werden, um an ein völliges Schwinden bei vollem Schlafe glauben zu können.

Psychophysik nöthigen Unterscheidung zwischen psychischer und physischer Seite des Lebens herauskommen.

Uebrigens hindert nichts, das für den Menschen unbewusste physische Spiel doch zu dem allgemeinern Bewusstsein eines Weltgeistes, das auf einer tiefern Schwelle als das menschliche steht, positiv beitragend zu denken, und, abgesehen von meinen naturphilosophischen Schriften, gehe ich gegen den Schluss meiner Elemente im 45. Kap. derselben selbst auf Vorstellungen der Art ein. Aber die Psychophysik hat nicht mit solchen, von vorn herein sehr fern liegenden, Vorstellungen, sondern mit Erfahrungsthatsachen am Menschen und mit Bestimmungen, die für das menschliche Bewusstsein massgebend sind, zu beginnen, um darin selbst einen Anhalt zum Schlusse über den Menschen hinaus und hinauf zu gewinnen; für den Menschen aber kann thatsächlich am Zustandekommen von Bewusstsein noch etwas fehlen, weil die Schwelle des menschlichen Bewusstseins durch dessen psychophysische Bedingung noch nicht überstiegen ist, indess die, nach Schlüssen voraussetzliche, tiefere Schwelle des allgemeinern Bewusstseins dadurch überstiegen ist. Hier ist jedenfalls von Bewusstseinsbestimmungen überall nur in dem Sinne die Rede, wie sie vom menschlichen Bewusstsein auszusagen sind.

Will man sagen: da nach mir selbst eine negative Empfindung sich von einer Nullempfindung für das Bewusstsein, zu dessen Phänomenen doch die Empfindung gehört, in Nichts unterscheidet, so müssen auch beide gleichmässig mit Null bezeichnet werden; es wird eben beidesfalls nichts empfunden; so ist diess in sofern untriftig, als das Mass der Empfindung als Function des Masses des Reizes gegeben wird, in Betreff der Beziehung zwischen Empfindung und Reiz aber sich beide Fälle sehr wesentlich unterscheiden, so dass die negative Empfindung, wenn schon für das Bewusstsein unmittelbar gleichwerthig mit einer Nullempfindung, eine andre Bedeutung für das Seelenleben hat, als die Nullempfindung. Nun kann man nur erwünscht finden, wenn dieser Unterschied sich im Massausdruck der Empfindung selbst in einer, mit dem Masse der wirklichen, positiven, Empfindung zusammenhängenden Weise geltend macht.

Auch der Nullwerth und negative Werth des Radius vector einer Curve als Function eines Winkels sind darin gleichwerthig, dass sich für den einen so wenig als für den andern ein merklicher Werth in der Wirklichkeit aufzeigen lässt, und müssen doch unterschieden werden. Im selben Sinne aber muss der Nullwerth und negative Werth einer Empfindung unterschieden werden; und ein mathematischer Einwurf gegen letztre Unterscheidung würde zugleich die erstre treffen. Mit Rücksicht auf diese Verwendung des

negativen Vorzeichens in der Mathematik für einen analogen Fall, kann man dann auch die negative Empfindung so gut als es mit dem negativen Radius vector geschieht, unter den Begriff des Imaginären bringen.

Eben so untriftig, als einen Einwand aus vorigem Gesichtspuncte zu erheben, würde es sein zu sagen: bei den negativen Empfindungen soll nach mir eine unvollständige Bedingung zur Empfindung vorhanden sein; aber einer solchen müsste natürlicherweise auch eine unvollständige Empfindung entsprechen, indess ihr nach mir eine imaginäre, gar nicht vorhandene Empfindung entsprechen soll, eine solche, an deren Zustandekommen noch etwas fehlt. Inzwischen dürfte folgendes einfache Beispiel diesen Einwand mit dem vorigen zugleich schlagen.

Die physische Tageshelligkeit H kann als Function der Sonnenhöhe h durch die Formel sin h als gemessen angesehen werden. Gesetzt es wäre keine Atmosphäre vorhanden, welche selbst in dem Falle, dass die Sonne unter den Horizont sinkt, noch Strahlen aufwärts reflectirt, so würde die Helligkeit erst beginnen, wenn h den Nullwerth übersteigt, und alle Tiefen der Sonne unter dem Horizonte würden ein gleich absolutes Dunkel geben; doch würden die Werthe H je nach den verschiedenen Werthen $-h$ mit verschiedenen Werthen $\sin -h = -\sin h$ auftreten. Und wer wird nicht sagen, dass, wenn die Sonne sich von ihrem tiefsten Stande unter dem Horizonte dem Horizonte genähert hat, schon eine unvollständige Bedingung der Tageshelligkeit vorhanden ist, ohne dass noch das Geringste von ihr selbst vorhanden ist, da vielmehr an ihrem Zustandekommen noch etwas fehlt.

Wenn ein eiserner Ofen geheizt wird, trägt jeder Grad der Erhitzung schon etwas bei, seine Platten zum sichtbaren Glühen zu bringen, doch beginnt es erst, wenn ein gewisser Grad der Hitze erreicht ist, und wächst dann an Intensität mit dem Grade der Erhitzung. Auch hier ist bei der unvollständigen Bedingung des Glühens noch gar nichts vom Glühen spürbar.

Mancher sammelt Geld zu einem Hausbau, aber fängt erst damit an, wenn er eine gewisse Summe zusammen hat. Man kann unzählige Beispiele der Art häufen, welche beweisen, dass eine unvollständige Bedingung einer Sache noch keineswegs überall hinreicht, von der wirklichen Sache schon irgend etwas herbeizuführen oder mitzuführen; vielmehr entspricht der gegentheiligen

mathematischen Möglichkeit die reale; und muss man also in der Erfahrung nachsehen, wie die wirklichen Verhältnisse liegen.*)

Das Vorige ist wesentlich, nur in etwas andern Wendungen, dieselbe Erklärung, die ich in meinen Elementen (insbesondere im 18. Absch.) über die negativen Empfindungswerthe gegeben habe, und wovon etwas zurückzunehmen ich noch jetzt keinen Anlass finde. Indess hat man sich mehrfach theils in diese Erklärung nicht recht zu finden vermocht, theils mathematische Bedenken dagegen erhoben, theils an der experimentalen Begründung des Schwellengesetzes gemäkelt, theils diese Begründung ignorirt, und in Folge dessen meine Massformel durch andre Formeln zu ersetzen gesucht, welche keinen Schwellenwerth enthalten und mithin keine negativen Empfindungen ergeben. So ist es von Plateau, Brentano, Delboeuf, Langer**) geschehen, und insbesondere sind es Delboeuf und Langer, welche sich über Schwierigkeiten in angegebenen Beziehungen bestimmter ausgesprochen haben. Hier das Wesentliche davon mit meiner Erwiederung darauf.

Das Begriffliche und Mathematische anlangend, so sagt Delboeuf (Ét. p. 17): »Nach Fechner ist eine negative Empfindung eine sehr schwache Empfindung, von der man kein Bewusstsein hat.« Eine solche Erklärung zu geben, ist mir natürlich nicht eingefallen, da sie für mich eine contradictio in adjecto enthält. — Delboeuf sagt weiter (Ét. p. 17): »Wir könnten negative Empfindungen a priori verwerfen, weil die Empfindungen nothwendig etwas sind, und weil der Ausdruck »»negative Empfindung«« ein Unsinn ist.« Natürlich ist er es, wenn man einen Unsinn darunter versteht; ich meine aber nicht, dass er es ist, wenn man ihn in

*) Volkmann hat in einer Abhandlung, die ich nicht mehr zu citiren weiss, sehr triftig gegen Darwin geltend gemacht, dass ein Rudiment z. B. eines Flügels, wozu es im Laufe der Entwickelung der Geschöpfe zufällig einmal gekommen ist, dem betreffenden Geschöpfe noch gar keinen Vortheil für seine Erhaltung und seinen Sieg im Kampfe um das Dasein gegen andre Geschöpfe verleihen konnte, also auch der Fortschritt zum vollständigen Flügel im weitern Laufe der Generationen nicht vermöge eines Vortheils, der erst mit dem vollständigen Flügel eintrat, geschehen konnte.

**) Brentano giebt zwar selbst keine Formel, aber es folgt eine solche ohne Schwelle aus dem von ihm statuirten Gesetze. Langers Formel enthält zwar nominell (nach Langers Bezeichnung) eine Schwelle, aber eine solche, welche meinem Begriffe derselben nicht entspricht. (Vergl. S. 39 und die unten folgenden Bemerkungen.)

obigem Sinne versteht. Man halte sich doch nicht an Worte, sondern an die sachliche Erklärung der Worte, deren es überall in diesem neuen Gebiete bedarf, um nicht missverstanden zu werden. — Delboeuf hält es (Ét. p. 18) gewissermassen für selbstverständlich, die Empfindung, welche einem Nullwerth des Reizes entspricht, mit Null zu bezeichnen, da hier in der That absolut keine Empfindung vorhanden sei, indess meine Massformel den Nullwerth der Empfindung an einen bestimmten endlichen Werth des Reizes knüpft, für den Nullwerth des Reizes aber die Empfindung gleich $-\infty$ giebt. Ich meine aber hierauf durch die Gesammtheit der Erörterungen, welche von S. 90 ff. an geführt sind, genug geantwortet zu haben, wonach der Empfindungswerth, der einem Nullwerth des Reizes entspricht, bei dem es hiemit absolut an einem Anlass zur Empfindung fehlt, von dem Nullwerthe der Empfindung bei einem endlichen Reizwerthe functionell wohl zu unterscheiden ist. — Delboeuf macht die Willkühr, mit der man den Anfangspunct einer Abscisse oder Thermometerscala verlegen kann, gegen die Annahme des Nullpuncts der Empfindung bei einem bestimmten Reizwerthe geltend; während doch factisch für die Empfindungsgrössen nicht dieselbe Willkühr wie für beliebige mathematische Grössen und für physische Scalen besteht, indem die Empfindung wirklich erst von einem bestimmten Reizwerthe an eintritt, d. i. den Nullwerth übersteigt. Aus reiner Mathematik heraus wird man überhaupt eine Formel für psychophysische Verhältnisse eben so wenig als für irgend welche andere reale Verhältnisse sei es begründen oder widerlegen können, es wäre denn, dass man Widersprüche oder Unmöglichkeiten darin aufzeigte, was Delboeuf nicht gethan hat.

Inzwischen hält Delboeuf seine Einwürfe gegen unsere negativen Empfindungswerthe für so fundamental und durchschlagend, dass er ihnen so zu sagen um jeden Preis, also auch mit Aufopferung der Schwelle, in seinen Formeln zu entgehen sucht; hienach in seiner ersten Abhandlung (Étud.) Formeln aufstellt, welche überhaupt zu keinen negativen Empfindungswerthen führen, in seiner zweiten und dritten (Théor. und Rev.) zwar negative Empfindungswerthe so gut als positive statuirt, jedoch in ganz andern Sinne als ich, indem er (Théor. p. 30) nicht imaginäre oder fehlende Empfindungen, sondern Empfindungen von negativem Charakter gegenüber solchen von positivem Charakter, wie Kälte gegen

Wärme, Schwarz gegen Weiss, Stille gegenüber Geräusch darunter versteht, und beiderlei Empfindungen unter dieselbe Formel bringt; worüber und wogegen ich mich schon S. 31 ff. hinreichend ausgesprochen zu haben glaube.

Hienach wenden wir uns zu Langers Einwürfen.

Dass der fundamentale mathematische Widerspruch, den Langer (p. 51) gegen meine negativen Empfindungswerthe erhebt, ein fundamentales mathematisches Versehen sei, glaube ich S. 37 einfach genug gezeigt zu haben. Seine eigenen, mit diesem Widerspruche consequenten, Ansichten anlangend, so statuirt er, wie früher S. 38. 39 bemerkt, eine Schwelle in einem eignen Sinne und unbewusste, aber nicht negative, imaginäre, Empfindungen unter der Schwelle; vielmehr sind ihm die Empfindungen unter der Schwelle nur »kleine Empfindungen, welche zu klein sind, um direct ins Bewusstsein zu treten«, sind »immer positiv, indem Reiz und Empfindung gleichzeitig null werden«, und »dem Schwellenwerth selbst entspricht eine endliche positive Empfindung, welche man nach Wundt Empfindungsschwelle nennen kann, und welche sagt, dass Empfindungen diese Schwelle überschritten haben müssen, wenn sie direct ins Bewusstsein treten sollen, d. h. wenn es möglich sein soll, ihre Existenz sofort mit andern Empfindungen durch intellectuelle Thätigkeit in Beziehung zu setzen.« — Mögen nun diese Bestimmungen zu Langers Weise, wie er Schwelle, Bewusstsein, Unbewusstsein versteht, passen, so wüsst' ich doch nicht, warum ich meine Auffassungsweise derselben Begriffe, wozu sie nicht passen, dagegen aufgeben sollte, da ich seine gegentheilige Auffassung mit einer mathematischen Untriftigkeit zusammenhängend finde, und seinen Bestimmungen weder unmittelbare Klarheit abzugewinnen, noch solche in für mich sachlich klare zu übersetzen weiss, was mir überhaupt mit keiner Auffassung gelingen kann, welche vom Dasein positiver Empfindungen unter der Schwelle sprechen lässt.

In der That, wenn ich bei fixirter Aufmerksamkeit auf ein Empfindungsgebiet von einer Empfindung (oder einem empfundenen Unterschiede) durchaus nichts erkennen kann, trotz dem, dass eine physische Ursache dazu da ist, was der factische Fall der Schwelle in meinem Sinne ist, so verstehe ich nicht, wie man sagen kann, dass doch eine kleine (einfache oder Unterschieds-) Empfindung da sei, die man nur mit andern nicht vergleichen

kann; es scheinen mir das völlig mystische Begriffe. Unstreitig giebt es Fälle, wo man sich des einen psychischen Werthes, ungeachtet er da war, nicht mehr so erinnern kann, um ihn mit andern zu vergleichen; aber das sind Fälle, wo man die Aufmerksamkeit nicht auf den ersten gerichtet oder ihn vergessen hat, indess die Thatsache der Schwelle in unserm Sinne besteht, wenn man die Aufmerksamkeit auf das betreffende Gebiet scharf richtet, sich unmittelbar fragt, ob etwas der Art, was in diess Gebiet gehört, gespürt wird, und sagen muss, dass man nichts davon erkennt. Meinen Formeln liegt diese Auffassung der Schwelle und des Fehlens einer Empfindung, wenn der Reiz unter der Schwelle ist, geradezu als Definition unter; hiefür werden sie als gültig erklärt; spricht man also hienach von Empfindung auch da noch, wo trotz dahin gerichteter Aufmerksamkeit nichts davon gespürt wird, so passen natürlich meine Formeln nicht auf eine solche Empfindung; und fänden die Gegner Formeln, welche auf ihre Definition und die Erfahrung zugleich passen, wie Langer wenigstens solche gesucht hat, so würden sie den meinigen noch nicht widersprechen, sondern nur der andern Definition gemäss consequent auszulegen sein. Es geht aber für mich der klare Begriff des Daseins und Fehlens einer Empfindung unter den zur Constatirung geeignetsten Bedingungen überhaupt verloren, wenn man es nicht in voriger Weise fasst, und leicht kommt man damit zu einer Verwechselung oder einem unklaren Zusammenwerfen der psychischen Empfindung mit ihrer physischen Bedingung, die angegebenermassen schon unvollständig da sein kann, wenn von der Empfindung selbst in obigem Sinne noch nichts da ist. Und eine solche Verwechselung scheint mir hie und da vorzuliegen.

Uebrigens können folgende einschaltungsweise Bemerkungen vielleicht noch etwas zu bestimmterer begrifflicher Erläuterung der hier einschlagenden Verhältnisse beitragen.

Man merke wohl, für welchen Fall und aus welchem Gesichtspuncte ich meine Definition des Fehlens von Empfindung als fundamental gebe und in Anspruch nehme. Ich kann Empfindungen in einem gegebenen Gebiete haben oder nicht haben, ohne später sicher zu wissen, ob ich sie gehabt oder nicht gehabt habe, weil meine Aufmerksamkeit dadurch nicht hinreichend beschäftigt war, um deutliche Nachwirkungen zu hinterlassen. Solche Empfindungen und Nichtempfindungen können für die Psychophysik eben so wenig Anhalt zu grundlegenden Bestimmungen geben, als für die Astronomie das Dasein oder Nichtdasein eines Sterns an einem gegebenen Orte ausser der

Zeit seiner directen Beobachtung. Gilt es aber, das Dasein oder Nichtdasein und die Verhältnisse des Daseins einer Empfindung in einem gegebenen Gebiete und unter gegebenen Umständen zu constatiren, um die Abhängigkeit der Empfindung von diesen Umständen kennen zu lernen, so gilt es auch, die Aufmerksamkeit unter diesen Umständen dahin zu richten, und ich sage dann, dass ich die Empfindung unter diesen Umständen habe oder nicht habe, je nachdem ich etwas davon bemerke oder nicht bemerke; und ich schliesse, dass die Empfindung auch dann, wenn ich die Aufmerksamkeit nicht besonders darauf richte, die gesetzlichen Abhängigkeitsverhältnisse, die ich so beobachten konnte, befolgen wird, in sofern sich der Grad der Aufmerksamkeit nicht darauf von Einfluss zeigt, was selbst eine Sache der Beobachtung ist (vergl. S. 26. 27). Natürlich nun kann ich keinen Anlass finden, vom Dasein einer Empfindung unter gegebenen Umständen bei nicht dahin gerichteter Aufmerksamkeit zu sprechen, wo ich bei darauf gerichteter, ja darauf concentrirter Aufmerksamkeit nichts davon bemerke, so, wenn der Reiz zu klein ist, kann also überhaupt das Dasein einer Empfindung unter solchen Umständen nicht zugestehen.

Bei solcher Feststellung der Begriffe für die fundamentalsten Beobachtungsverhältnisse der Psychophysik fallen Speculationen, was Bewusstsein überhaupt sei, ganz weg, und ist Alles im innerlich Aufzeiglichen gehalten, so weit sich überhaupt mit Worten etwas innerlich aufzeigen lässt. Kurz: ich nenne unbewusste Empfindung eine solche, an deren Dasein noch etwas fehlt, indess eine unvollständige physische Bedingung dazu da ist. Ob aber etwas von Empfindung hiebei da ist oder nicht da ist, halte ich durch die vorigen Erklärungen bestimmt. Auch bei den massgebenden Beobachtungen über die Unterschiedsempfindungen ist die Frage, ob eine solche unter gegebenen Umständen da ist oder nicht da ist, nach gegenwärtiger Beobachtung unter diesen Umständen bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit zu beantworten; hiemit ist die Thatsache des Daseins oder Nichtdaseins derselben unmittelbar bestimmt. Inzwischen lehren die Beobachtungen selbst, dass ein gesetzliches Verhalten der Unterschiedsempfindungen, wie solches durch die Unterschiedsmassformel bestimmt ist und Anhalt zum Schlusse auf das gesetzliche Verhalten der Empfindungsunterschiede giebt, nur in so weit stattfindet, als der veränderliche Einfluss, den die Unsicherheit des Gedächtnisses und die Raum- und Zeitlage der Componenten des Unterschiedes auf die Thatsache der Unterschiedsempfindung äussert, durch Mittelziehung aus einer Mehrheit von Versuchen und Entgegensetzung von Versuchen mit entgegengesetzter Raum- und Zeitlage möglichst vermindert und eliminirt wird, wie im 5. Abschnitt besprochen worden; wonach die allgemeinen Speculationen über den hinderlichen Einfluss der Erinnerung auf die Constatirung unsrer Gesetze, die man geglaubt hat hier einmischen zu müssen, gegenstandslos werden.

Nach all' dem vermuthe ich, dass man noch allerlei begriffliche oder scheinbar sachliche Schwierigkeiten erheben wird, deren Beschaffenheit ich nur nicht überall voraussehen kann. Gegen einige, die mir als mögliche einfallen, bemerke ich zum Voraus Folgendes.

Man darf gegen meine Erklärungen nicht einwenden, dass ich selbst

zugestehe, es könne eine Empfindung grösser sein als eine andre, ohne dass ich es bemerke, wenn der Unterschied zu klein ist, hiemit zugestehe, es könne etwas an Empfindungen da sein, was ich nicht bemerke. Aber es ist etwas Andres, einen Unterschied zwischen zwei Empfindungen bemerken und zwei verschiedene Empfindungen haben. Ich kann bemerken, dass ich die eine habe und eben so, dass ich die andre habe; um sie aber zu vergleichen und ihres Unterschiedes zu gewahren, muss ein neuer Act des Bewusstseins eintreten, der seinen besondern psychophysischen Bedingungen unterliegt; und wie die psychophysische Thätigkeit ein gewisses Verhältniss zu ihrem Schwellenwerthe übersteigen muss, damit ich eine einfache Empfindung habe, muss das Verhältniss zweier psychophysischer Thätigkeiten ein gewisses Verhältniss zur Verhältnissschwelle übersteigen, damit ich einen Unterschied zwischen zwei von mir bemerkten Empfindungen bemerken kann.

Nun sagt man vielleicht: Wohl, wenn ich einen Unterschied zweier Empfindungen in mir haben kann, ohne ihn doch bemerken zu können, so werde ich auch eine einfache Empfindung in mir haben können, ohne sie bemerken zu können. — Aber wenn ich, um nicht von etwas als daseiend zu sprechen, das als daseiend zu erkennen es absolut kein Mittel giebt, und damit ins Unfassliche zu gerathen, sagen darf, dass ich keine Unterschiedsempfindung habe, wenn ich von solcher absolut nichts bemerken kann, trotz dem, dass ein Reizunterschied dazu ist: werde ich auch sagen dürfen, dass ich keine einfache Empfindung habe, wenn ich von solcher absolut nichts bemerken kann, trotz dem, dass ein einfacher Reiz dazu da ist. Ein Unterschied zwischen Empfindungen ist freilich erstenfalls da, aber im Sinne der Unterschiedsmassformel als negativer unter der Schwelle; und so ist auch zweitenfalls im Sinne der Massformel eine Empfindung da, aber eben auch nur als negative unter der Schwelle, an deren Zustandekommen also vielmehr etwas fehlt, als dass schon etwas positiv davon da wäre. Ich denke, dass das Alles nur logisch und consequent im Sinne der vorgegebenen Grundbestimmungen ist.

Bei jeder Erfahrungswissenschaft gilt es, von einfachen Thatsachen unmittelbarer Beobachtung als fundamentalen auszugehen, diese klar und fest zu bezeichnen und auf Combination derselben Schlüsse zu begründen. Fundamentale psychophysische Thatsachen unmittelbarer Beobachtung sind: 1) dass ich bei Reflexion auf ein gegebenes Empfindungsgebiet von einer Empfindung nichts bemerken kann, wenn der Reiz zu klein ist, und von einer Unterschiedsempfindung nichts bemerken kann, wenn der Reizunterschied zu klein ist; 2) dass über den Punct (Schwellenpunct) hinaus, wo die Empfindung, respectiv Unterschiedsempfindung, merklich zu werden beginnt, dieselben mit dem Reize respectiv Reizunterschiede wachsen. Zur kurzen Bezeichnung der ersten Thatsache sage ich, wie schon gesagt, dass ich eine einfache oder Unterschiedsempfindung nicht habe, wenn ich durch Reflexion auf das betreffende Empfindungsgebiet absolut nichts davon bemerken kann; die Combination der ersten Thatsache mit der zweiten aber lässt mich schlussweise doch davon sprechen, dass ein Unterschied von Empfindungen bestehen kann, wovon ich nichts als Unterschiedsempfindung bemerke, ohne

dass dieselbe Consequenz dahin führt, von Empfindungen als bestehend zu sprechen, von denen sich nichts bemerken lässt. Denn bis zu einfachen Empfindungen gelangt, stehen wir bei etwas Elementarem, Letztem im Bewusstseinsgebiete.

Will man also sagen: Da wo Fechner von Empfindungen unter der Schwelle, negativen Empfindungen, unbewussten Empfindungen spricht, was alles gleichbedeutend nur Abstände von dem Puncte bezeichnen soll, wo eine Empfindung merklich zu werden beginnt, sind schon kleine positive Empfindungen da, die aber nur nicht bemerkt werden können, so kann ich es nicht hindern; nur scheint es mir eben so müssig als für die Vorstellung unklar, und ändert nichts in den sachlichen Verhältnissen, wie sie von mir ins Auge gefasst sind.

Langer besauptet nun freilich, dass doch bei der Methode der richtigen und falschen Fälle sich factisch kleine positive Unterschiedsempfindungen unter der Schwelle geltend machen, indem er (p. 52) in etwas schwieriger Construction sagt: Diese Methode beruhe auf der Thatsache, »dass die Empfindung eines kleinen Reizunterschiedes, welche nicht direct ins Bewusstsein tritt, weder null noch negativ ist, sondern einen gewissen positiven kleinen Werth hat, der durch die Einflüsse bei der Beobachtung dieses kleinen Reizunterschiedes in vielen Beobachtungen verstärkt wird, und dessen Existenz dadurch auf das Schärfste erwiesen ist.« — Aber wie so? Nach meiner Darlegung in Elem. I. 247, die ich durch Langers scharfen Erweis in Nichts entkräftet finde, kann durch die Einflüsse der Beobachtung bei jener Methode ein Reizunterschied unter der Schwelle, der als solcher nicht gespürt werden würde, mithin für sich keine noch so kleine positive Unterschiedsempfindung gäbe, so verstärkt, d. h. der zugehörige Unterschied der psychophysischen Thätigkeiten so erhöht werden, dass die Schwelle überstiegen und er mithin gespürt wird, um so leichter und öfter, je grösser er selbst ist, weil er dann eines um so kleinern verstärkenden Zuwachses zum Uebersteigen der Schwelle bedarf. Auf diesem Grunde beruht die Methode. Langer freilich bezieht die Einflüsse bei der Beobachtung unmittelbar auf Verstärkung einer von ihm schon als vorhanden vorausgesetzten kleinen Empfindung, aber mit Unrecht, wenn eine Psychophysik gelten soll. Denn sofern hienach die Unterschiedsempfindung eine Function des relativen Reizunterschiedes

oder Reizverhältnisses ist, kann die Aenderung der Empfindung auch nur von Aenderung der Reizeinflüsse oder psychophysischen Thätigkeiten abhängig gemacht werden; dass aber eine kleine Empfindung unter der Schwelle ohne den verstärkenden Einfluss der Beobachtung schon vorhanden sei, ist eben nur Langers Voraussetzung, nicht ein Beweis für diese Voraussetzung.

Abgesehen von den, ausdrücklich von Delboeuf und Langer geltend gemachten, Einwürfen kann man sich mir gegenüber auf folgenden Fall berufen.

Es kann sein, dass man für das allgemeine Tagesgeräusch so abgestumpft ist, dass man auch bei gespanntester Aufmerksamkeit nichts zu hören meint, dass man sich sagt: es ist ganz still, und doch, wenn das Tagesgeräusch, d. h. die physische Bedingung desselben, aufhört, es als vermehrte Stille empfindet. Es kann sein, dass man sich an eine, mit riechenden Substanzen erfüllte, Luft so gewöhnt hat, dass man auch bei Richtung der Aufmerksamkeit darauf nichts zu riechen meint, und doch, wenn man in eine von den riechenden Substanzen freie Luft kommt, es als vermehrte Reinheit spürt. Also, kann man sagen, musste ich doch auch erstenfalls eine Gehörsempfindung, zweitenfalls eine Geruchsempfindung gehabt haben.

Aber wenn ich, um beim ersten Beispiel stehen zu bleiben, beim schwachen, wie ganz fehlenden Tagesgeräusch keine Bestimmung meines Bewusstseins in mir finde, die ich als Gehörsempfindung erkenne, so habe ich auch nach meiner Definition erstenfalls eben so wenig als zweitenfalls Grund, vom Dasein einer solchen zu sprechen, und bezeichne ja auch eben desshalb den ersten wie zweiten Zustand als Zustand der Stille, d. i. Abwesenheit von Gehörsempfindung; wenn ich doch aber einen Unterschied beider Zustände empfinde, so ist es nicht ein Unterschied zwischen positiven Empfindungen, die vielmehr nicht da sind, sondern ein Unterschied zwischen Zuständen des auf das Gehörsgebiet bezogenen Allgemeinbewusstseins, welche da sind. Eben so nämlich, wie ich bei Beschäftigung des Allgemeinbewusstseins in einem gegebenen Gebiete, d. i. Richtung der Aufmerksamkeit darauf, im Falle verschiedener Reize über der Schwelle die Unterschiedsempfindung haben kann, dass von den zwei positiven Empfindungen die eine den Nullpunct, Schwellenpunct, mehr übersteigt als die andre, — es muss nur das Unterschiedsverhältniss der

Reize gross genug dazu sein, — kann ich bei zwei Reizen unter der Schwelle in meinem, auf das betreffende Gebiet bezogenen, Allgemeinbewusstsein die Unterschiedsempfindung haben, dass zum Erreichen des Nullpuncts der Empfindung im betreffenden Gebiete bei der Wirkung des einen mehr fehlt als bei der andern, was im Tongebiete als grössere Stille (nicht als schwächerer Laut) erscheint; es muss nur eben auch das Unterschiedsverhältniss der Reize unter der Schwelle gross genug dazu sein. Ja der Ausdruck grössere Stille hätte in unserm Falle sogar keinen Sinn, wenn man Stille nicht in unserm Sinne verstehen wollte. Denn ein Nichts kann nicht einmal grösser sein als das andremal, indess an etwas einmal mehr fehlen kann als das andremal, so an Vermögen bei grössern Schulden, am Erreichen eines Punctes, wenn man weiter rückwärts davon ist.

Man kann einwenden, dass auch in dem Falle, wo unsere Aufmerksamkeit nicht auf das Tongebiet gerichtet ist, doch der Uebergang in grössere Stille empfunden, ja die Aufmerksamkeit dadurch auf das Tongebiet gelenkt werden kann. Aber jeder Reiz in einem gegebenen Gebiete zieht die, der Aufmerksamkeit unterliegende, psychophysische Thätigkeit in gewissem Grade an; sie theilt sich in einer gewissen Abhängigkeit von der Vertheilung der Reize, und muss nur auch eine gewisse Schwelle in jedem gegebenen Gebiete übersteigen, um als Richtung auf dieses Gebiet empfunden zu werden. Noch stärker als durch Reize aber wird die Aufmerksamkeit durch Reizunterschiede, Contraste angezogen, also kann diess auch durch den Uebergang in grössere Stille geschehen.

Folgte umgekehrt, als bisher angenommen, nach einer längern Stille, die unter dem Einflusse eines continuirlichen gleichförmigen sehr schwachen Tagesgeräusches für die Empfindung bestanden, ein in gewissem Verhältnisse stärkeres, das ohne die vorhergegangene Stille auch unter der Schwelle gewesen wäre, so kann es sein, dass die Reizbarkeit durch die vorhergegangene Stille hinreichend gesteigert ist, dass nicht blos eine verminderte Stille empfunden wird, sondern dass das Geräusch jetzt wirklich als Geräusch wahrgenommen wird.

Bemerken wir nun noch, dass der betrachtete Fall keineswegs aus der Fassung durch unsre Formeln heraus fällt; vielmehr würde ohne denselben ein in diesen Formeln vorgesehener Fall durch die Erfahrung ungedeckt bleiben.

In der That, ziehen wir die hier einschlagende Unterschiedsmassformel S. 11 in Betracht, so gehört nach ihr zur Wahrnehmung des Unterschiedes zwischen zwei Reizen β, $\beta_{,}$, dass das Verhältniss der Reize, um deren Unterscheidung es sich handelt, also $\frac{\beta}{\beta_{,}}$, kurz φ, eine gewisse endliche Grösse, die Verhältnissschwelle

v überschreite. Mögen nun β, $\beta_{,}$ beide sehr klein und daher beide unter der Schwelle sein, so kann doch allgemein gesprochen $\beta_{,}$ in so starkem Verhältniss gegen β klein sein, dass $\frac{\beta}{\beta_{,}} > v$ wird; und nur desshalb ist der Spielraum dafür in der Wirklichkeit nicht gross, weil jedes Sinnesgebiet so zu sagen schon mit einer gewissen psychophysischen Thätigkeit ohne Reiz als geladen anzusehen ist, welche, wenn auch für sich unter der Schwelle, dem äussern Reize zuzurechnen ist. Ein unendliches $\frac{\beta}{\beta_{,}}$ kann hienach nicht für uns vorkommen, weil $\beta_{,}$ nicht für uns null werden kann. Im Fall aber die verhältnissmässige Differenz zwischen zwei Reizen, die unter ihrer eigenen Schwelle sind, nicht gross genug ist, wird sie eben so wenig spürbar, als wenn sie zwischen zwei Reizen oberhalb ihrer Schwelle nicht gross genug ist.

Während also zugestandenermassen bei einem einfachen Reize unter der Schwelle kein Mass, wie viel dabei am Zustandekommen der einfachen Empfindung fehlt, im Bewusstsein selbst zu haben ist, vermag uns der Contrast zwischen zwei successiven Reizen unter der Schwelle in einem gegebenen Empfindungsgebiete, ist er anders gross genug, doch zum Bewusstsein zu bringen, dass der eine mehr als der andre daran fehlen lässt. Dass wir aber grössere Stille im Tongebiete von grösserer Reinheit der Luft im Gebiete des Geruchssinnes unterscheiden, liegt darin, dass wir sehr wohl fühlen, auf welches Gebiet unsere Aufmerksamkeit bezogen ist, auch wenn mehr oder weniger am Zustandekommen einer Empfindung darin fehlt.

In meinen Elementen hat mich die Frage, wie der Fall zu deuten, dass β, $\beta_{,}$ beide unter der Schwelle und doch $\frac{\beta}{\beta_{,}}$ über der Verhältnissschwelle ist, in eine gewisse Verlegenheit gesetzt, die ich hier triftiger als dort (Elem. II. 101) gelöst zu haben glaube.

Nach Vorigem kann ich der Ansicht Preyers nicht beitreten, wenn er (in s. Abh. »Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung« p. 67) sagt: »Ich behaupte dagegen [d. i. gegen Fechner], dass eben so wie die psychophysische Thätigkeit des Sehens die des Hörens normalerweise ohne äusseren Schallreiz über der Schwelle ist, und dass eben die Empfindung der Stille es ist, welche vollkommen der Empfindung des sog. Augenschwarz beim lichtdicht verschlossenen Auge oder im Finstern correspondirt. Eben so wie

das Schwarz der Malerei unentbehrliche Empfindung ist, ist die Pause der Musik unentbehrliche Empfindung.« — Zur Begründung hievon macht Preyer geltend, dass äussere und innere Schallreize stets vorhanden sind. — Gewiss, nur meine ich, dass sie eben so wohl unter als über der Schwelle sein können; das Schwellengesetz liegt ja eben darin, dass erstres der Fall sein kann. — Ferner: »dass die Empfindung der Lautlosigkeit [Stille] verschieden von dem Nichthören schlechthin [z. B. mit dem Finger] sei.« Aber meines Erachtens doch nur dadurch, dass wir uns der Richtung der Aufmerksamkeit auf das Gehörsgebiet noch bewusst sind, wenn das Hören selbst fehlt. — Ferner: »dass die Stille als grösser oder geringer empfunden werden könne.« — Aber doch eben nur als grössere oder geringere Stille, wie im Vorigen besprochen ist; und unter Stille versteht man Abwesenheit von Gehörsempfindung.

Die vollkommene Analogie der Empfindung der Stille mit der des Augenschwarz kann ich nicht zutreffend finden. Richte ich die Aufmerksamkeit auf das Gehörsgebiet, so höre ich nichts, wenn mein Gehörapparat gesund ist und alles äussere Geräusch fehlt, das nenne ich eben Stille; richte ich die Aufmerksamkeit auf das Gesichtsfeld, so sehe ich Schwarz, auch im normalsten Zustande, und wenn alles äussere Licht fehlt. Die Stille kann mit leisem Geräusch durchsetzt sein, wie das Augenschwarz mit Lichtstaub; aber in so weit es der Fall ist, ist es eben keine völlige Stille. Freilich bedarf es der Pause in der Musik, wie des Schwarz in der Malerei; aber nur, weil es beidesfalls des Contrastes bedarf, in welchen allerdings die Stille so gut eintreten kann als das Schwarz.

Es kann der Fall eintreten, dass ein Reiz seine Schwelle überschreitet, also nach unsrer Massformel eine positive Empfindung giebt, aber sie in so kleinem Verhältniss überschreitet, dass hienach kein Unterschied von einer Nullempfindung bemerklich werden sollte; doch ist eine positive Empfindung nothwendig in Ueberschuss gegen eine Nullempfindung. Empfinden wir dann oder empfinden wir nichts davon? Wie ist dieser Conflict zu lösen oder dieser Widerspruch zu deuten? Meines Erachtens so: Es ist nach vorgängigen Erörterungen nicht dasselbe, des Daseins einer Empfindung einfach zu gewahren, und ihres Unterschiedes von einer mitgehenden oder vorausgehenden Empfindung zu gewahren, sei diese null oder nicht null. Nun hängt jeder Zweifel,

ob etwas da sei oder nicht da sei, überhaupt davon ab, dass gewisse Bestimmungsgründe uns nach einer, andere nach der andern Seite neigen lassen, und ein solcher Conflict besteht in dem Falle, dass die Reizschwelle, aber nicht die Unterschieds- oder Verhältnissschwelle bezüglich der Reizschwelle überschritten ist; unser Bewusstsein ist hiebei von einer Seite andersher bestimmt als von der andern, und kann je nach der Stimmung und der Mitbestimmung desselben der einen oder andern Richtung folgen. Also kann man das Intervall, wo die Reizschwelle aber nicht die Verhältnissschwelle bezüglich dazu überschritten ist, als das Intervall betrachten, wo man bei darauf gestellter Frage unsicher ist, ob man eine Empfindung überhaupt habe oder nicht habe, ein Fall, der ja bei Selbstbeobachtung oft genug eintritt, indess man bei Ueberschreitung jenes Intervalles des Daseins der Empfindung sicher ist.

Wäre der Zweifel, ob wir eine gewisse Empfindung haben oder nicht haben, bei der Wahl dazwischen auf den einfachen Fall beschränkt, dass der Reiz genau auf der Schwelle wäre, so könnte, abgesehen von dem, freilich mit zu berücksichtigenden, Einflusse zutretender Einbildungsmomente, ein solcher Fall nur unendlich selten, d. i. so gut als nie eintreten, weil der genaue Punct der Schwelle nur unendlich selten getroffen werden kann. Ausserdem kann eine unendlich kleine Ueberschreitung der Reizschwelle auch nur eine unendlich kleine Empfindung wecken, von welcher sich nicht sprechen liesse, doch sollte nach der Massformel sich schon davon sprechen lassen; aber in Conflict mit der Aussage der Unterschiedsmassformel, welche für eine andre Bestimmung des Bewusstseins gilt, findet überhaupt, selbst für etwas grössere Ueberschreitungen, eine Unbestimmtheit statt, wohin der Ausschlag geht.

Auch diese Verhältnisse glaube ich triftiger hier als in den Elem. II. 87 f. erläutert zu haben.

Man kann von einer Schwelle noch in einem besondern Sinne sprechen, den ich in den Elementen nicht berücksichtigt habe, ohne dass er mit anderweiten Ausführungen derselben in Widerspruch steht.

Gesetzt, eine Violine oder Flöte wird so laut gespielt, dass man sie deutlich hört, wenn sie für sich gespielt wird. Setze man aber, sie werde inmitten eines ungeheuren Volkstumultes gespielt,

so kann es sein, dass ihr Klang trotz genauester Aufmerksamkeit völlig ununterscheidbar in dem allgemeinen Volksgeräusch aufgeht, und man von dem Dasein des Flöten- oder Violinentones nichts erkennt. Indessen würde es hinreichen, den Ton erforderlich gegen das übrige Geräusch zu verstärken, um ihn doch unterscheidbar herauszuhören, und es in dieser Beziehung eine Schwelle ähnlich der Unterschiedsschwelle geben, nur dass es sich hiebei nicht um gleichartige Reize neben oder nach einander, sondern um Gemische verschiedener handelt, daher man hier von einer Mischungsschwelle sprechen könnte. Unstreitig nun trägt der Ton des Instrumentes, ungeachtet im grossen Geräusch nicht als solcher erkennbar, doch etwas zur Verstärkung und Nüancirung des Geräusches über der Schwelle bei, ja selbst Reize, für sich unter der Schwelle, können durch Zutritt zu Reizen über der Schwelle zur Verstärkung und Nüancirung der Empfindung beitragen. Von solchen für sich nicht unterscheidbaren, doch zu einer Gesammtempfindung beitragenden, Empfindungen sage ich, dass sie unbewusst in einem allgemeinern Bewusstseinsphänomen aufgehen. Unstreitig spielen in jeden wachen Bewusstseinszustand eine Menge solcher unbewusst darin aufgehender Empfindungen, von verschiedenen Sinnesgebieten her, hinein. Wie leicht zu erachten aber wird durch die Thatsache der Mischungsschwelle der Schwellenbegriff überhaupt mit den davon abhängigen negativen Bewusstseinswerthen nicht aufgehoben, sondern nur verallgemeinert.

Die Unterschiedsschwelle lässt sich nicht darauf reduciren, dass beide Empfindungsstärken, um deren Unterscheidung es sich handelt, in einem Gemisch von Empfindungen verschwimmen, beide unter der Mischungsschwelle sind; denn sie besteht für Empfindungen, die beide deutlich da sind, also die Mischungsschwelle übersteigen; und wenn wir schon keinen wachen Zustand beobachten können, in dem nicht jede äussere oder innere Reizwirkung, welche eine Empfindung bedingt, von nebensächlichen Reizwirkungen begleitet wäre, so fallen doch im traumlosen Schlafe — giebt es anders einen solchen — alle zugleich unter die Schwelle.

XI. Bemerkungen über Contrastempfindung.
(Hering, Mach.)

Es ist nicht meine Absicht, die Lehre von den Contrastempfindungen hier in allgemeiner Weise abzuhandeln, sondern nur einige Hauptpuncte derselben zu besprechen, welche theils als Schwierigkeiten gegen die experimentale Bewährung des Weberschen Gesetzes erscheinen könnten, theils anderwärts aus diesem oder jenem Gesichtspuncte zu berühren sind.

In einer Abhandlung in den Berichten der sächs. Soc. vom Jahre 1860. 71 ff. »Ueber die Contrastempfindung«*) habe ich unter andern, hier nicht zu berücksichtigenden, Puncten die folgenden nachzuweisen versucht, wobei ich Kürze halber die psychophysische Thätigkeit, wovon die Lichtempfindung abhängt, inneres Licht, die, zwei contrastirenden Flächen gemeinsame, Grenze Grenzlinie nennen werde: 1) Dass die sog. Hebung der Eindrücke durch den Contrast, vermöge deren Weiss neben Schwarz heller, Schwarz neben Weiss schwärzer erscheint, als neben einer gleichartigen Nachbarfläche oder als neben Grau, kein rein psychologisches Phänomen ist, sondern mindestens theilweise (wenn nicht ganz, vergl. S. 128 der Abh.) daher rührt, dass durch die Nachbarschaft der contrastirenden Flächen (vermöge einer Wechselwirkung der Theile der Netzhaut oder des Centralorgans) sich das innere Licht auf dem Weiss verstärkt, auf dem Schwarz schwächt gegen den Fall, dass die Nachbarfläche gleich beleuchtet wäre, dass also die Intensität des innern Lichtes auf jedem Theile der Netzhaut nicht blos von der Intensität des auf ihn selbst fallenden äussern Lichts, sondern auch von der Intensität desselben auf den angrenzenden und selbst entferntern Theilen abhänge, was ich Kürze halber unter den, nach voriger Erklärung nicht misszuverstehenden, Ausdruck zusammenfasse, dass die Vertheilungsweise des inneren Lichtes von der Vertheilung des äusseren auf der Netzhaut mitbestimmt werde. — 2) Dass die Hebung durch den Contrast vermöge seiner Fernwirkung sich zwar über grössere Flächen von der gemeinsamen Grenzlinie aus nach beiden Seiten

*) Vergl. auch meine frühere Abhandlung in Poggend. Ann. L. 1840. S. 193 ff.

erstreckt, in der Nähe der Grenzlinie aber zu sog. Randscheinen verstärkt, die von der Grenzlinie an mit rasch abnehmender Deutlichkeit sich in den Grund verlaufen, unter Umständen gar nicht, unter andern Umständen ausserordentlich deutlich sind, wovon ich die hauptsächlichsten Bedingungen in einiges Detail verfolgt habe. — 3) Dass zu der einerseits verstärkten, anderseits geschwächten sinnlichen Empfindung, welche von psychophysischer Verstärkung und Schwächung der Componenten des Contrastes, kurz vom Hebungsphänomen durch Abänderung des innern Lichts abhängt, hiemit zur Summe der sinnlichen Empfindungen eine, von der Differenz der Eindrücke abhängige, eigenthümliche Seelenaffection von höherm Charakter, kurz Contrastempfindung im engern Sinne, hinzutritt, wodurch die Seele stärker beschäftigt, die Aufmerksamkeit mehr angeregt wird, als durch räumliche Continuität sei es des Weiss oder Schwarz, trotz dem, dass continuirliches Weiss eine grössere Summe sinnlicher Empfindung auslöst, als wenn ein Theil des Weiss durch Schwarz ersetzt wird.

Hering hat, unabhängig von mir, Versuche angestellt und (in s. 2. und 3. Mitth. 1873) bekannt gemacht, welche ihn hinsichtlich des ersten Punctes, nur von andrer Seite her, zu dem gleichen Resultate einer Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung (in obigem Sinne) führen, und Mach hat in no. 2 Formeln für diese Abhängigkeit entwickelt, die, so weit sich's durch Beobachtungen verfolgen lässt, mit der Erfahrung wohl stimmen.

Nun ist nicht unwichtig, dass nach diesen Formeln durch die Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung die experimentale Bewährbarkeit des Weberschen Gesetzes nicht wesentlich alterirt wird, indem unter Absehen von dem innern Lichte des Augenschwarz, dessen Dasein überall für eine experimentale untere Abweichung vom Weberschen Gesetze in Anspruch zu nehmen, die Ver-m-fachung des äussern Lichtes auf beiden Componenten, die es zu beobachten gilt, auch die Ver-m-fachung des innern Lichtes auf beiden mitführt, wie immer die übrigen Vertheilungsverhältnisse des äussern Lichtes beschaffen sein mögen. Allgemein folgt diess aus den allgemeinen Formeln, welche Mach für die Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung unter Einschluss der Randscheine aufgestellt hat. Einfacher lässt es sich in Uebereinstimmmuug mit Machs einfacher Formel

(p. 3) wie folgt für den Fall zeigen, dass man den Einfluss, den eine grössere Nähe der contrastirenden Theile auf Verstärkung der Wirkung hat, nicht berücksichtigt; wobei ich überdiess zunächst von dem, auch von Mach vernachlässigten, innern Licht des Augenschwarz abstrahire.

Sei die Netzhaut, deren Fläche F, in die Flächen $f', f'', f'''\ldots$ getheilt, auf welche respectiv die äusseren Lichtintensitäten $i', i'', i''' \ldots$ fallen und die von deren Grösse und Vertheilung abhängigen Intensitäten des innern Lichtes auf denselben Flächen respectiv $I', I'', I''' \ldots$; sei W die Pupillenweite, k eine Constante, und Kürze halber die gesammte äussere Lichtsumme, welche auf die Netzhaut fällt, d. i. $f'i' + f''i'' + f'''i''' \ldots = \Sigma if$ gesetzt, so ist jedes I einerseits einfach proportional dem zugehörigen äusseren i, andrerseits dem durch die gesammte äussere Lichtsumme dividirten i, mithin:

$$I' = k\,W i' \frac{i'}{\Sigma if}; \qquad I'' = k\,W i'' \frac{i''}{\Sigma if} \text{ etc.}$$

woraus unmittelbar folgt, was zur Möglichkeit experimentaler Bewährung des Weberschen Gesetzes von den Flächen f', f'' zu fordern ist, dass $\frac{I''}{I'}$ sich gleich bleibt, wenn sowohl i'' als i' mit demselben m multiplicirt wird, indem zwar W und Σif sich damit ändern, aber für beide zugleich beobachtete Componenten des Contrastes in derselben Weise.

Dasselbe trifft nun auch noch zu, wenn in die allgemeinern Formeln die Entfernung der contrastirenden Theile von einander aufgenommen wird. Es kann aber von Interesse sein, zu zeigen, dass den einfachsten Fällen des Contrastes, die es zu beobachten gelten kann, schon die vorige einfachste Formel in allgemeiner Weise genügt.

So ergiebt sich die hebende Wirkung des Contrastes an einem solchen Falle leicht wie folgt.

Denken wir uns die ganze Fläche der Netzhaut in zwei gleiche Theile, jeden $= 1$ gesetzt, getheilt, und beide zuerst gleichförmig mit der Intensität i beleuchtet, so dass kein Contrast zwischen beiden stattfindet, so wird Σif sein $= 2i$, mithin jede Hälfte nach der Formel als innere Intensität I haben

$$I = k\,W \frac{i}{2}$$

Werde jetzt, unter Beibehaltung von i für die eine Hälfte, die andre mit dem $m$fachen i beleuchtet, mithin ein Contrast eingeführt, so wird, obschon sich in der äussern Beleuchtung der ersten Hälfte nichts geändert hat, doch die innere Intensität eine andre werden, nämlich nach der Formel übergehen in

$$I = \frac{k W' i}{1 + m}$$

Es wird aber, abgesehen von Aenderung der Pupillenweite aus W in W', das zweite I grösser oder kleiner sein als das erste, je nachdem m kleiner oder grösser ist als 1. D. h. je nachdem man die Beleuchtung der zweiten Hälfte verstärkt oder schwächt, wird das innere Licht der ersten abnehmen oder wachsen; und zwar würde es mit immer grösserer Verstärkung von m ins Unbestimmte abnehmen, wenn nicht das Dasein der innern Helligkeit des Augenschwarz, wovon hier abstrahirt ist, worauf jedoch unten Rücksicht genommen werden soll, eine Grenze setzte, unter welche auf diesem Wege nicht gelangt werden kann. — Doch weiter.

Ein Mondscheinfleck oder Lichtfleck von der Strassenbeleuchtung her, der auf die graue Wand eines übrigens ganz dunklen Zimmers durch eine Lücke des Fenstervorhanges oder Ladens fällt, erscheint wie leuchtend, ja heller als die ganze Wand im vollen Tageslichte, ungeachtet man keine in den Fleck gehaltene Schrift zu lesen vermöchte. Der Jupiter erscheint bei Nacht ungleich heller als das Himmelblau am Tage, worin er doch erlischt. Nun kann man zur Erklärung hievon darauf hinweisen, dass im Dunkeln sich die Pupille erweitert: nur ist ihre Veränderlichkeit in viel zu enge Schranken eingeschlossen, um zur Erklärung auszureichen. Ferner: Dass das Auge im dunkeln Raume für das Licht empfindlicher wird, d. h. dass im ausgeruhten Auge derselbe äussere Lichtreiz ein stärkeres inneres Licht hervorlockt, als im ermüdeten; jedoch auch, ehe man das Auge im Dunkeln ausgeruht hat, alsbald wenn man aus dem erleuchteten Zimmer in das dunkle tritt, macht sich die Erscheinung an der Wand mit dem angegebenen Charakter geltend. Also können beide Umstände nur helfend wirken, nicht den Hauptantheil am Phänomen haben. Ziehen wir aber jetzt die obige Formel in Betracht, so bietet sie zwei Grenzfälle dar, 1) wo ausser dem Lichte i', was auf die Fläche f' fällt, die gesammte Summe des Lichts, welche

auf die übrige Fläche fällt, also $f''i'' + f'''i''' +$ etc. vernachlässigt werden kann, 2) wo ein gleich intensives Licht, als auf f', auf die übrige Netzhaut fällt. Erstenfalls ist $I' = k\,W\frac{i'}{f'}$, zweitenfalls unter Rücksicht, dass die Pupillenweite W sich in die engere W' verwandelt, $I' = k\,W'\frac{i'}{F}$, der zweite Werth also nicht blos wegen der kleinern Pupillenweite, sondern auch wegen Uebergangs des Nenners f' in $F = f' + f'' + f'''$ . . . kleiner, und zwar um so kleiner, einen je kleinern Bruchtheil f' von der ganzen Netzhautfläche darstellt; woraus sich sofort erklärt, dass die, dem ersten Fall approximativ entsprechende Helligkeit eines Sterns wie des Jupiter bei Nacht so gross erscheint. Nur hat man desshalb nicht anzunehmen, dass sie dem Werthe I' proportional erschiene, da vielmehr die Empfindung der Helligkeit nun erst nach unserm Massgesetze von I' abhängig zu denken ist. In der That aber kann sich ja das Webersche Gesetz, von welchem das Massgesetz abhängig ist, selbst mit auf Beobachtungen von Sternhelligkeiten stützen.

Das i' einer ganz vom Tageslicht erhellten Wand ist freilich viel grösser als das des Mondflecks auf der dunklen Wand, und hiedurch kann der Nachtheil, in welchem das I' erstenfalls gegen das I' zweitenfalls steht, unter Umständen compensirt und überwogen werden, so, wenn der Mondschein, statt sich auf einen verhältnissmässig kleinen Fleck zusammenzuziehen, das ganze Zimmer gleichförmig erleuchtet. So lange aber das f des Mondflecks klein gegen F bleibt, sieht man ein, dass leicht ein erhebliches Uebergewicht seines I über das I eines ganz tageshellen Zimmers bestehen kann.

Streng genommen freilich complicirt sich die Formel, ohne damit die Erklärung der vorigen Thatsachen aufzuheben, wenn das innere Licht zugezogen werden soll, was dem Auge schon ohne äussern Lichtreiz im sog. Augenschwarz zukommt. Wahrscheinlich ändert sich die Vertheilung dieses natürlich vorhandenen innern, im geschlossenen ausgeruhten Auge nahehin gleichförmig vertheilten, Lichtes — nennen wir es kurz das natürliche Augenlicht —, wenn das Auge dem äussern Lichte und hiemit dessen Contrasten geöffnet wird, in Zusammenhange mit der Vertheilung des von der äussern Erregung hervorgebrachten innern

Lichtes, nur dass nach einer natürlichen Einrichtung die Intensität des natürlichen Augenlichts nicht unter eine gewisse Grenze herabgehen, die Empfindung des Schwarz hiemit nicht unter eine gewisse Tiefe sinken kann. Wonach man das natürliche Augenlicht als aus einem constanten und einem variablen Theile bestehend anzusehen hat, welcher letztere durch Contrastverhältnisse des äusseren Lichtes bei offenem Auge, so wie in Nachbildern, welche im geschlossenen Auge von vorgängigen äussern Eindrücken abhängen, bis zum constanten Theile als Grenze herabsinken, aber auch in unbestimmtem Grade über die natürliche Intensität aufzusteigen vermag. Wirklich erscheint Schwarz in Contrast gegen Weiss bei offenem Auge reiner und tiefer schwarz als das Schwarz des natürlichen Augenlichtes im geschlossenen Auge, wie Hering durch überzeugende Versuche (in s. 4. Mitth. p. 13 ff.) bewiesen hat. Was Nachbilder von contrastirenden Flächen oder Objecten, die mit offenen Augen gesehen wurden, in dem nachher geschlossenen Auge anlangt, so liegt im Vorigen auch die allgemeine Möglichkeit begründet, dass von hellen Objecten in dunklem Grunde ein tieferes Schwarz und vom dunklen Grunde ein lichteres Weiss im Nachbilde erscheine, als dem natürlichen Augenlichte ohne vorgängig einwirkenden Contrast zukommt. Dass die Intensität des, aus innerer Quelle stammenden, innern Lichts geschlossener Augen nicht über die des natürlichen Augenlichts ansteigen könne, nachdem eine Contrasterregung desselben vorausgegangen, ist weder von mir behauptet, noch liegt es in der Consequenz irgend einer meiner Grundansichten, sondern das Gegentheil; doch ist mir eine solche Behauptung oder Consequenz mitunter untergeschoben worden, wonach es dann leicht ist, Thatsachen, die dagegen sprechen und mir längst bekannt waren, gegen mich geltend zu machen; doch gehe ich hierauf an diesem Orte nicht näher ein.

Dass in dem so hell scheinenden Mondscheinfleck auf der, bei Tageslicht grau scheinenden, Wand schwarze Schrift unlesbar ist, bedarf nun auch zur Erklärung der Mitrücksicht auf das natürliche Licht des Auges. Setzen wir seine Intensität ohne Trennung des constanten und variabeln Theiles gleich α, und die schwache Intensität des Lichtes, was vom Schwarz der Schrift zurückgeworfen wird und in das Auge gelangt, gleich α', ferner die Intensität, welche von der grauen Wand um die Schrift zurückgeworfen wird, beiläufig gleich $29\alpha'$, sofern nach Auberts Versuchen

(p. 73) Weiss 57mal so viel Licht als Schwarz zurückwirft, so haben wir für die Intensität I' der Schrift im Mondscheinfleck:

$$I' = \frac{k\,W(\alpha + \alpha')^2}{\Sigma if}$$

für das I'' der Umgebung der Schrift

$$I'' = \frac{k\,W(\alpha + 29\,\alpha')^2}{\Sigma if}$$

also

$$\frac{I''}{I'} = \frac{(\alpha + 29\,\alpha')^2}{(\alpha + \alpha')^2}$$

Nach Massgabe nun als α' kleiner im Verhältniss zu α wird, d. h. als das vom Schwarz der Schrift zurückgeworfene Licht gegen das natürliche Licht des Auges verschwindet, welchem Falle man sich bei schwacher äusserer Beleuchtung nähert, wird auch selbst $29\,\alpha'$ gegen α zurücktreten, jedenfalls α mit in Rechnung kommen, und I'' sich der Gleichheit mit I' nähern, der Unterschied zwischen I'' und I' also undeutlich werden; hiegegen, wenn das α' durch helle Beleuchtung so stark wird, dass α dagegen verschwindet, $\frac{I''}{I'}$ bis zu einem Maximumwerth ansteigen, der ohne die Gründe der obern Abweichung constant für wechselnde äussere Beleuchtung bleiben würde.

XII. Die Differenzansicht der Empfindungen (Schneider, Delboeuf).

Manche sind geneigt, alle Empfindungen überhaupt für Differenzempfindungen in dem Sinne zu erklären, dass wir eine Empfindung nur im Unterschiede von einer (oder mehreren) andern, stärkern oder schwächern oder anders gearteten, Empfindung, welche vorher bestanden hat oder zugleich besteht, haben können, was natürlich fordert, dass zwischen den psychophysischen Vorgängen, auf welchen die Empfindungen ruhen, irgend welche Unterschiede stattfinden.

Diese Ansicht, kurz Differenzansicht, ist neuerdings von Schneider in einem kleinen Schriftchen (»Die Unterscheidung, Analyse, Entstehung

und Entwicklung derselben u. s. w. Zürich, Schmidt, 1877«) mit Nachdruck vertreten und näher entwickelt. So sagt er u. a. (p. 3): »Die Empfindungen sind nicht durch einzelne Nervenerregungen als solche, sondern durch die Differenzen der Nervenerregungen unter sich und deren Verhältnisse zum Ruhezustande bedingt.« — (p. 5): »Nur Differenzen der äusseren Zustände können als Reize wirken.« — (p. 6): »Bei ganz continuirlicher und äusserst langsamer Nervenreizung entsteht keine Empfindung.«

Auch Delboeuf vertritt in s. Théorie in gewissem Sinne eine Differenzansicht, worüber S. 28 ff. Rechenschaft gegeben worden, und zieht daraus u. a. (p. 39) folgende Folgerung: »Die Analogie führt zu dem Glauben, dass ein Auge ohne Augenlider und Iris (durch deren Bewegungen die einfallende Lichtintensität sich ändern könnte), umgeben von einer Oberfläche von gleichförmiger und constanter Helligkeit keine Lichtempfindung haben würde, weil es keinen möglichen Contrast geben würde. Noch mehr, wenn das Auge unbeweglich wäre, so dass es seinen Blick nicht von einem Puncte auf den andern richten könnte, so würde die Oberfläche an verschiedenen Stellen verschieden hell und gefärbt sein können, und die Empfindung dennoch null sein (müsste wohl heissen: allmälig schwinden), weil die verschiedenen Puncte der Netzhaut sich jede in ihrer Art der Art von Licht, wovon sie getroffen werden, accommodiren würden. Das Auge würde sich in Beziehung auf diese lichte Fläche in demselben Verhältniss finden als der ganze Körper in Bezug auf ein ungleich erwärmtes Bad.«

Nun mag es wohl sein, und mir selbst erscheint es überwiegend wahrscheinlich (vergl. Abschn. XX), dass an einen gleichförmigen, keine Unterschiede einschliessenden, Bewegungszustand sich wirklich keine Empfindung knüpfen kann. Insofern aber Schwingungszustände, wie solche unsern Empfindungen wahrscheinlich unterliegen, schon continuirliche Aenderungen einschliessen, gestehe ich, nicht einzusehen, warum solche Zustände nun so zu sagen noch einmal verschieden sein müssen, um Empfindung zu geben; was nicht ausschliesst, dass, wenn sie wirklich verschieden sind, auch der Unterschied empfunden wird; auch nicht ausschliesst, dass im Contrast zwischen Reizen jede Empfindung relativ stärker oder schwächer auftritt, als wenn der eine oder andre Reiz in continuo wirkte, wie im 11. Abschnitte besprochen ist. Freilich, da wir nie Empfindungen von gewisser Art oder Stärke ohne vorausgehende oder mitgehende von andrer Art oder Stärke haben, lässt sich gar kein strenger experimentaler Beweis führen, dass, wenn diese nicht voraus- oder mitgingen, überhaupt noch Empfindung da sein würde; ich finde nur weder einen theoretischen noch Erfahrungsgrund, welcher es anzunehmen wehrte, und glaube demnach — auch die entgegengesetzte An-

nahme aber kann sich nur auf einen Glauben stützen — dass, wenn ein Kind das erstemal in einer ganz gleichförmigen Helle, unter möglichster Abhaltung aller andern Sinnesreize, die sich freilich nicht völlig abhalten lassen, erwachte, es doch die Helligkeit des Lichtes empfinden würde, und dass, wenn schon bei längerm Andauern einer gleichförmigen Reizeinwirkung die Empfindung durch Abnahme der Reizbarkeit bis unter die Schwelle herabgedrückt werden kann, womit die Empfindung schwindet, sie nicht minder, so weit Versuche einen Wahrscheinlichkeitsschluss erlauben, bei einem Grade über der Schwelle stehen bleiben kann.

Hiebei erinnere ich an folgenden, in der Abhandlung »Ueber Contrastempfindung« in den Berichten der sächs. Soc. 1860 S. 114 von mir mitgetheilten, Versuch.

»In die quadratische Oeffnung (von 6 par. Zoll Weite) des Fensterladens eines übrigens dunkeln Zimmers setzte ich eine farbige Glasscheibe ein, und blickte hiedurch unverwandt auf den halb im Schatten des Hauses liegenden, halb von der Sonne erhellten, Sandplatz vor dem Hause. Diess setzte ich unter Anwendung eines dunkelvioleten Glases, welches im prismatischen Spectrum sehr überwiegend Roth gegen Blau zeigte, ½ Stunde, unter Anwendung eines tief rothen, 5 Minuten lang fort. Im ersten Momente erschien allerdings die Farbe des hellen Theiles des Platzes am lebhaftesten, schien sich aber nicht sehr stark und über eine gewisse Grenze hinaus (bei einem wie dem andern Glase) gar nicht weiter zu vermindern, so dass eine längere Fortsetzung des Versuches nutzlos schien.«

Nun kann man natürlich sagen: wäre der Platz nur ganz gleichförmig intensiv violet oder roth gewesen, und der Versuch noch länger fortgesetzt worden, so würde doch endlich die Farbenempfindung ganz erloschen sein; aber wenn man, weil es nicht möglich war diese Bedingungen vollständig herzustellen, den Versuch nicht beweisend genug für meine Auffassung hält, so ist doch jene Behauptung noch weniger beweisend für die gegentheilige.

Bei Anwendung eines blauen Glases, welches im Spectrum fast nur Blau mit sehr wenig Roth zeigte, war der Farbeneindruck fast sofort nach Vornahme des Glases in einer Art weisslichem Schein erloschen, und selbst dann war das noch sehr bald der Fall, als ich statt eines einfachen Glases ein doppeltes oder selbst dreifaches über einander anwandte. Das heisst meines Erachtens: wir haben hier zum ersten Fall, wo die durch längere Einwirkung der objectiven Farbe geschwächte Farbenempfindung dauernd über der Schwelle verharrte, den zweiten, wo sie unter die Schwelle sank und darunter verblieb; aber warum nicht dann auch im ersten, wenn die gegentheilige Auffassung Recht hätte?

Allerdings können Versuche wie folgende sehr scheinbar für die Anhänger der Differenzansicht sprechen.

Aubert sagt (p. 61): »Ich habe mich überzeugt, dass die Beurtheilung von reinem Grau sehr unsicher ist, dass eine Nüance nach Blau, Roth, Gelb nicht erkannt oder falsch bestimmt wird, wenn man nicht ein gleich helles Grau zum Vergleich daneben hat.«

Und Ulrici*) (»Leib und Seele« p. 294): »Die röthliche Farbe eines Fasses Wasser, in welchem etwa nur $\frac{1}{10}$ Gran Carmin aufgelöst worden, sind wir ausser Stande wahrzunehmen; nach Beimischung einer etwas grösseren Menge Carmins vermögen wir sie zwar zu erkennen, aber nur dann, wenn wir anderes, ungefärbtes Wasser daneben haben und jenes mit diesem vergleichen.«

Aber diese Thatsachen beweisen doch nur: erstens, dass kleine Reizdifferenzen überhaupt nicht für sich erkannt werden, wenn sie unter die Unterschiedsschwelle reichen, zweitens, dass der Unterschied der Reize nach Contrastgesetzen eine relative Verstärkung und Schwächung der Componenten des Unterschiedes gegen den Fall mitführt, dass der Unterschied nicht bestände, wovon im vorigen Abschnitt gehandelt ist.

Nach Schneider kommt auch die Ruheempfindung nur durch die Differenz, den Contrast schwacher gegen starke Erregungen, zu Stande. (S. dessen Schriftchen »Ueber die Empfindung der Ruhe.« Zürich, Schmidt, 1876 p. 12.) Hiegegen möchte ich nicht streiten. Ohne den Zustand der Ruhe mit einem sei es erregten oder von Erregung noch freiern Zustande zu vergleichen, haben wir nicht die Empfindung der Ruhe, sondern einfach keine Empfindung in dem betreffenden Empfindungsgebiete. Also handelt es sich in der That um eine Contrastempfindung bei der Empfindung der Ruhe, worauf sich anwenden lässt, was im 10. Abschn. S. 103 f. gesagt ist. Aber dass die Ruheempfindung nur durch Contrast gewonnen werden kann, nöthigt nicht zu der Annahme, dass überhaupt keine Empfindung ohne Contrast gewonnen werden kann.

---

*) Hier citirt nach einem Citat in einer Schrift von Ueberhorst.

XIII. Oscillations- und chemische Hypothese (Hering).

Auf die sehr allgemeinen Ansichten über die Natur der psychophysischen Thätigkeit oder Bewegung, die ich im 42. Kap. meiner Elemente aufgestellt habe und noch jetzt keinen Grund finde zu verlassen, will ich hier nicht zurückkommen, da das Folgende keinen Anlass enthält, sich zu solchen Allgemeinheiten zu versteigen. Vielmehr soll es sich hier nur um die Frage handeln, ob man von den zwei vornehmsten Hypothesen, welche über die Natur der psychophysischen Thätigkeit, nicht in der Welt überhaupt, sondern in Menschen und Thieren insbesondere, bestehen, sich vielmehr an die eine oder die andere zu halten habe.

Meinerseits halte ich es für überwiegend wahrscheinlich, und habe die Gründe dafür in den Elem. II. 282 eingehend besprochen, begegne auch darin einer ziemlich weit gehenden Uebereinstimmung, dass mindestens die deutlich oscillatorischen Reize des Lichtes und Schalles in unserm Nervensysteme wieder oscillatorische Bewegungen auslösen, an deren einfacher oder zusammengesetzter Periode die Qualität der Empfindung hängt, indess, sei es an der lebendigen Kraft oder überhaupt einer Function der Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung, womit sich die Oscillationen der thätigen Theilchen vollziehen (Abschn. XX), die quantitative Seite der Empfindung hängt. Inzwischen hat sich neuerdings auch von verschiedenen Seiten, mit besonderm Nachdruck und in weitgehender Entwicklung namentlich Seitens Hering, die Ansicht geltend gemacht, dass es chemische Processe sind, welche durch den Lichtreiz und wohl durch Reize überhaupt in unserm Nervensysteme ausgelöst werden, von deren Beschaffenheit und Lebhaftigkeit die Qualität und Quantität der Empfindung abhänge. Auch hat diese Ansicht durch die neuern Erfahrungen über den Sehpurpur eine Bestätigung von scheinbar zwingender Kraft in Bezug auf die Lichtempfindung erhalten.*)

*) Freilich steht derselben auch Einiges entgegen, was noch der Aufklärung bedarf, ehe man sich von dieser Seite her zu weit in die chemische Theorie versteigen darf. Abgesehen davon, dass gelbes Natronlicht gesehen wird, doch aber den Sehpurpur nicht zu bleichen vermag, gehört dahin, dass nach den neuern Untersuchungen von Kühne (Unters. aus d. physiolog. Inst. zu Heidelb. 1877 p. 17 ff.) die Zapfen in der Netzhaut des Sehpurpurs ent-

Nun habe ich aber schon in den Elem. II. 283 die Möglichkeit der chemischen Hypothese unbedenklich eingeräumt, nur zugleich darauf hingewiesen, dass sie der Oscillationshypothese in keiner Weise widerspreche*); ja meines Erachtens ist sie nach folgenden Betrachtungen geradezu darein zu übersetzen, um einen brauchbaren Anhalt für die Psychophysik zu bieten, einmal, weil dadurch eine verfolgbare Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit erhalten bleibt, zweitens, weil Oscillationen klareren Massbestimmungen und klareren Vorstellungen überhaupt unterliegen, als chemische Vorgänge. Gehen wir etwas näher auf die hier in Betracht kommenden Puncte ein.

Ein chemischer Vorgang beruht im Allgemeinen darauf, dass vorher getrennte Theilchen sich verbinden, oder vorher verbundene sich scheiden, oder Theilchen sich zwischen Verbindungen austauschen, indem gewisse Theilchen in die Anziehungssphäre von einander treten, andere dafür aus derselben austreten.**) In jedem Falle gehört dazu eine Bewegung der Theilchen zu oder von einander, und es ist von vorn herein sehr denkbar, dass diese Bewegung, wenn sie durch einen oscillirenden Reiz angeregt und unterhalten wird, statt in gleichförmiger Fortschreitung zu erfolgen, selbst einen oscillirenden Charakter annimmt, was nicht hindert, dass doch die Näherung oder Entfernung dabei das Uebergewicht gewinne und so in dauernde Verbindung oder Trennung ausschlage. Auch ist es ja nichts Neues, dass chemische Vorgänge, selbst ohne durch oscillatorische Reize erweckt zu sein, von Oscillationsphänomenen begleitet sind. Wenn das Feuer im Ofen brennt, so ist der chemische Vorgang dabei von starker Wärme- und Lichtentwicklung, d. i. von einem lebhaften Oscillationsprocess be-

---

behren. »Es besteht aber das Sinnesepithel im gelben Fleck des Menschen überwiegend, in der Fovea centralis an der Stelle des deutlichsten Sehens, der sicher auch Farbenempfindlichkeit zukommt, ausschliesslich aus Zapfen.«

*) »Selbst, wenn man die durch Licht- und Schallreiz erweckten Veränderungen als chemische fassen will, was sie wohl sein könnten, oder womit sie wenigstens verbunden sein könnten, werden diese in letzter Instanz auf Veränderungen in den Molecularverhältnissen zu reduciren sein, welche, sofern sie durch Schwingungen angeregt und unterhalten werden, kaum anders als selbst unter Form von Schwingungsbewegungen gedacht werden können.«

**) Auch Herings Assimilirungs- und Dissimilirungsprocess weiss ich nur auf diese Gesichtspuncte zurückzuführen.

gleitet, minder lebhafte chemische Processe sind unstreitig nur von minder lebhaften Oscillationsvorgängen oder Aenderungen der schon vorhandenen begleitet.

Nun erhebt sich allerdings von vorn herein die Frage, ob die Empfindung vielmehr von dem chemischen Process selbst, der in der Näherung oder Entfernung der Theilchen zu einander (d. i. der Lagen, um die sie schwingen) besteht, oder von den begleitenden Oscillationen functionell abhängig zu machen ist. Ich sage: das letztre ist vorzuziehen. Erstens aus den oben S. 118 angegebenen zwei allgemeinen Gründen, zweitens, weil bei manchen Sinnesempfindungen, wie dem Schall, die mechanische Affection der Nerven durch Schwingungen klar vorliegt, an einen chemischen Process dabei aber nur als an eine unbestimmte Möglichkeit gedacht werden kann; drittens, weil der chemische Process, den die Lichtempfindung auf der Netzhaut hervorruft, doch eben nur auf die Sehsubstanz der Netzhaut beziehbar ist, und es ganz dunkel bleibt, wie sich seine Wirkung anders als durch die begleitenden Oscillationen bis zum Gehirn forterstrecken soll. Rechnet man nun auch die Netzhaut selbst als Träger von Empfindung dem gesammten Empfindungsorgan mit hinzu (was mit meiner eigenen Ansicht mehr als mit der herrschenden stimmt), so kann es doch nur in sofern sein, als ihre psychophysischen Processe in Continuität mit denen des Gehirns sind, soll anders unser Bewusstsein davon berührt werden. Dass sich aber die Schwingungen langsamer durch den Nerven fortpflanzen als Lichtschwingungen draussen durch den Aether, geht weder Periode noch Amplitude derselben an, also auch nicht die davon abhängigen Bestimmungen der Empfindung. Und das ändert sich nicht, wenn man die fortgepflanzten Schwingungen vielmehr unter die Kategorie von elektrischen als von Lichtschwingungen glaubt bringen zu können.

Fragt sich: wie soll man sich überhaupt das Zustandekommen dauernder Empfindungen durch einen chemischen Process denken. Ich kann noch so lange in den hellen Himmel sehen: die Empfindung der Helligkeit schwächt sich allmälig, aber sie schwindet doch nicht. Es scheint unmöglich, das mit einem fortgehends in derselben Richtung vor sich gehenden chemischen Process, sei es ein Process, durch den sich Theilchen trennen oder durch den sie sich verbinden, zu vereinbaren, die Trennung oder Verbindung muss doch endlich erfolgt sein; und so lange die Licht-

empfindung, wenn schon nicht an den chemischen Process selbst, aber an die davon mitgeführten Oscillationen geknüpft sein soll, wird die Oscillationshypothese mit der chemischen Hypothese in gleicher Weise durch diese Schwierigkeit betroffen, indess dieselbe natürlich für erstere wegfällt, wenn man die Oscillationen gar nicht durch den chemischen Process vermittelt hält. Auch bei Zulassung dieser Vermittelung aber, die immerhin bei der Lichtempfindung als wahrscheinlich und sonst als möglich anzuerkennen ist, erscheint die Schwierigkeit nicht als durchschlagend; denn einmal kann man sich denken, es sei eben wie beim immer fortbrennenden Feuer, wo dem chemischen Process immer neuer Stoff zugeführt wird, indess der verbrannte Stoff als Asche bei Seite fällt. Entsprechend nämlich kann auf Circulationswegen dem Sitze des chemischen Processes immer neuer Stoff zugeführt und der veränderte abgeführt werden. Dann kann man sich aber allerdings auch denken, dass, wie die photographischen Aenderungen durch das Licht ausserhalb des Auges nur allmälig erfolgen, dasselbe mit den photographischen Aenderungen des Sehpurpurs der Fall sei. Und sehr möglich, dass beide Umstände zusammen ins Spiel kommen.

Ich habe hier meine eigenen Ideen den sehr abweichenden gegenüber entwickelt, welche Hering in s. 5. und 6. Mittheilung aufgestellt hat, wovon S. 36 die allgemeinsten Gesichtspuncte mitgetheilt wurden und im Anhange zum folgenden Abschnitte noch einige Specialitäten mitgetheilt werden sollen, ohne hier in einen kritischen Vergleich zwischen beiden einzugehen; vielmehr wollte ich hier nur im Allgemeinen zeigen, dass sich die Betheiligung des chemischen Processes am Empfindungsvorgange auch noch in andrer Weise als in Herings Sinne denken lasse, und die Gründe angeben, wesshalb ich meine Auffassungsweise vorziehe.

Ungeachtet ich nach den Erörterungen des 42. Abschnittes meiner Elemente weit entfernt bin, den psychophysischen Process principiell auf Schwingungen, Oscillationen, periodische Bewegungen zu beschränken, zweifele ich doch kaum, dass die psychischen Vorgänge in uns sich in der That allgemein an solche knüpfen. Ist doch unser Organismus überhaupt ein durch und durch oscillatorisches oder periodisches Wesen, wie sich in Schlaf und Wachen, Puls, Athmen, Bedürfniss von Speise und Trank, in Gang, Schlucken, Schluchzen, Lachen, Annehmlichkeit des Tacts

in der Musik, endlich den, den Physiologen bekannten oscillatorischen Bewegungen der Muskelmolecüle bei der Muskelzusammenziehung beweist. Und so wenig manche Sinnesreize an sich selbst die oscillatorische Natur verrathen, lässt sich doch leicht denken, dass sie modificirend auf schon vorhandene, nur für sich die Schwelle nicht übersteigende, im Körper vorhandene, Schwingungsbewegungen wirken. So die gehobenen Gewichte auf die oscillatorischen Bewegungen der Muskelmolecüle, deren eben gedacht wurde, diese aber kommen unstreitig unter Einfluss einer eben so oscillatorischen Thätigkeit der Nerven zu Stande, womit Empfindung zusammenhängt. Die Empfindung des Druckes auf die Haut könnte dadurch entstehen, dass die oscillatorische Thätigkeit der Nerven an der Peripherie gehemmt und dafür antagonistisch im Gehirn verstärkt, gleichsam gestaut würde; die Temperaturempfindung durch eine Ausgleichsbewegung zwischen der differenten Stärke peripherischer und centraler Schwingungen, worauf Delboeufs Vorstellungsweise passen könnte, ohne desshalb auf die übrigen Empfindungen zu passen. Die Oscillationen bei Geschmacks- und Geruchsempfindungen könnten in ähnlicher Weise Begleiter chemischer Processe sein, als bei den Lichtempfindungen. Natürlich gebe ich all' das nur für ganz hypothetisch aus.

Die hier angedeutete Ansicht bezüglich der Temperaturempfindungen würde zugleich erklären, 1) dass zwei Modificationen dieser Empfindung vorhanden sind, je nachdem die Stärke der Schwingungen centraler- oder peripherischerseits überwiegt, somit in der That ganz mit Delboeufs Auffassung stimmen; 2) dass die Lichtempfindungen, Schallempfindungen, sofern sie nicht auf solcher Differenz beruhen, auch nicht, wie von Delboeuf geschieht, mit den Temperaturempfindungen unter denselben Gesichtspunct gebracht, durch dieselbe Formel gedeckt werden können, was übrigens nach schon früher (S. 31) gemachter Bemerkung ohne alle Hypothese dadurch verhindert wird, dass die Licht- und Schallempfindung mit Verstärkung des Reizes von unten an zu immer höhern Werthen aufsteigen, ohne Indifferenzpunct dazwischen, wogegen mit Verstärkung des äussern Wärmereizes von unten an die Kälteempfindung abnimmt und durch einen Indifferenzpunct in wachsende Wärmeempfindung übergeht.

XIV. Ueber die Empfindungsverhältnisse von Schwarz und Weiss, mit einem Anhange über die Farbentheorie von Hering.

Abgesehen von der Differenz, dass Hering das von mir vertretene Webersche Gesetz weder für die äussere noch innere Psychophysik gelten lässt, und hiemit meinem ganzen Aufbau der Psychophysik den Grund entzieht, besteht eine Hauptdifferenz desselben von mir darin, dass er über das Intensitätsverhältniss von Empfindungen überhaupt total andere Grundansichten hegt, die er jedoch bis jetzt erst in Bezug auf die Lichtempfindung entwickelt hat. Da diese Differenz namentlich in der Betrachtung des Verhältnisses von Schwarz zu Weiss mit den Uebergangsstufen durch Grau zu Tage tritt, habe ich zuvörderst die Ansichten Herings in dieser Hinsicht näher zu bezeichnen, was ich möglichst mit dessen eigenen Worten thun werde, ehe ich von der Weise spreche, wie ich mich dazu stelle.

Die Ansichten Herings über diesen Gegenstand sind in s. 4. Mittheil. enthalten, auf welche sich daher auch die Paginaverweisungen in diesem Abschnitt ausschliesslich beziehen werden, wo keine andere Mittheilung genannt ist. Als ergänzend dazu kann Herings Darlegung seiner chemischen Theorie in s. 5. Mittheil. gelten, deren ich S. 36 gedacht habe, ferner seine Theorie des Farbensinnes in s. 6. Mittheil., von der ich die Hauptsätze anhangsweise zum Schlusse dieses Abschnittes mit einer eigenen hypothetischen Ansicht wiedergebe.

Hering hält es für untriftig, die Scala der Lichtempfindungen von Schwarz durch Grau zu Weiss als eine Scala rein quantitativ aufsteigender Helligkeitsempfindungen zu betrachten; vielmehr unterscheiden sich diese Empfindungen nach ihm in entsprechender Weise qualitativ, wie Farbenempfindungen, und sind selbst unter den allgemeinen Begriff derselben mit zu subsumiren. Schwarz geht durch Grau in Weiss über, wie Blau durch Violet in Roth, wie Roth durch Orange in Gelb u. s. w.

Die Empfindungen des Helleren und Dunkleren werden hienach vom Verf. geradezu in die des mehr Weisslichen oder mehr Weiss Enthaltenden, und mehr Schwärzlichen oder mehr Schwarz Enthaltenden übersetzt oder damit identificirt, und die Scala der Uebergangsempfindungen vom reinsten Schwarz zum reinsten oder lichtesten Weiss als die schwarzweisse Empfindungsreihe bezeichnet.

Inzwischen lässt er doch auch einer quantitativen Bestimmbarkeit der Empfindungen dieser Reihe in gewisser Weise Raum, indem er (p. 4) bemerkt: »Entweder muss man den Ausdruck »»Intensität«« [in Anwendung auf die Scala der Uebergangsempfindungen zwischen Schwarz und Weiss] ganz fallen lassen und sagen, dass in der betreffenden Empfindungsreihe die Empfindung Schritt für Schritt ihre Qualität ändere, und die ganze Scala in derselben Weise auffassen, wie die Farbenscala, welche von einer gesättigten Farbe, z. B. dem Roth, zu einer andern, z. B. dem Gelb, führt; oder man muss in der schwarzweissen Empfindungsreihe zwei Intensitätsscalen annehmen, deren eine dem Weissen oder Hellen, die andre dem Schwarzen oder Dunkeln entspricht.«

»Sind aber zwei Intensitätsreihen zugleich anzunehmen, so heisst diess (nach p. 5) nichts Andres, als dass alle Uebergänge vom Weissen zum Schwarzen als Mischungen derjenigen beiden Empfindungen angesehen werden können, welche an den beiden Enden der Reihe am reinsten hervortreten«; und die Bezeichnungen Intensität, Stärke, intensive Grösse lassen sich auf die besprochene Empfindungsreihe nur unter der Bedingung anwenden, »dass man jedem einzelnen Gliede der Reihe zwei Intensitäten zugesteht, und das Verhältniss angiebt, in welchem die Intensitäten der Empfindungen des Schwarzen und Weissen zu einander stehen, wobei man also Schwarz und Weiss als relativ einfache Empfindungen von den Uebergängen zwischen beiden als gemischten Empfindungen unterscheidet.«

Ein absolut reinstes tiefstes Schwarz und absolut reinstes hellstes Weiss sind idealerweise denkbar, wenn schon nicht in Wirklichkeit aufzeigbar (p. 7. 8); jedenfalls muss theoretisch jede Stufe des Grau durch Mischungen aus diesem idealen Schwarz und Weiss repräsentirt werden, und es ein Grau geben, welches von beiden gleich weit entfernt ist, von beiden gleich viel enthält. Durch Zuhülfenahme von Buchstabenbezeichnungen und Ausdruck in der Form von Formeln (p. 9 ff.) sucht der Verf. diese ideale Auffassung um so besser zu erläutern, ohne jedoch einen Weg zu bezeichnen, wie reale Massbestimmungen darauf zu gründen.

»Die eigentlich schwarze Empfindung kommt (p. 13. 14) erst unter dem Einflusse des äussern Lichtreizes zu Stande, wie ja auch die weisse Empfindung für gewöhnlich durch objectives

Licht hervorgerufen wird, nur mit dem Unterschiede, dass sich die weisse Empfindung unter dem directen, die schwarze aber unter dem indirecten Einflusse des Lichtreizes entwickelt, nämlich durch den sog. simultanen oder successiven Contrast.«

Als Belege dazu führt der Verf. Thatsachen wie folgt an: Ein Stück schwarzer Sammt auf dem Tische erscheint »viel schwärzer als das Schwarz im geschlossenen Auge.« — »Wenn man aus einem hellen Zimmer in ein ganz dunkles übergeht, wird man in den ersten Secunden vielleicht ein ziemliches Dunkel, wenn auch kein tiefes Schwarz empfinden, bald aber wird sich dasselbe mehr und mehr aufhellen, auch wenn keine Spur von Licht in das Dunkelzimmer fällt, und nach längerm Aufenthalt in demselben sieht man alles Mögliche nur kein reines Schwarz.« — »Man gebe sich, wenn man in einer finstern Nacht in einem dunklen Zimmer aus dem Schlafe erwacht, Rechenschaft von seiner Gesichtsempfindung, und man wird sagen müssen, dass dieselbe durchaus nicht schwarz sei, gleichviel ob man die Augen offen oder geschlossen hat.« — »Genug, man erhält die Empfindung eines tief dunklen Schwarz nur dann, wenn man daneben die des Hellen hat oder kurz zuvor an derselben Stelle hatte.«

»Als blosse Empfindung ist (nach dem Verf. p. 4) Schwarz ganz eben so positiv wie Weiss, und wenn man durchaus die eine dieser beiden Empfindungen als positive, die andre als negative bezeichnen will, so kann man eben so gut das Schwarz als Weiss positiv nennen. . . . Das angeblich Positive der Empfindung des Weissen gegenüber dem Schwarzen liegt lediglich darin, dass wir, Dank der alltäglichen Erfahrung und physikalischen Optik, mehr Positives von den Vorgängen wissen, welche die weisse Empfindung, als von denen, welche die schwarze Empfindung bedingen.«

Den vorigen Ansichten gegenüber finde ich Folgendes zu bemerken.

Die Analogie der schwarzweissen Empfindungen, welche Hering mit den blaurothen, rothgelben Empfindungen u. s. w. findet, scheint mir wenig zutreffend, wenn anders man das Princip, dass gleichen Bedingungen gleiche, ungleichen ungleiche Wirkungen oder Folgen entsprechen (in soweit nicht Nebenbedingungen das Resultat ändern), in Anwendung auf das äussere Licht als Bedingung von innerer Lichtempfindung gelten lässt, was noch keineswegs eine Verwechselung zwischen beiden bedeutet, wie Hering eine solche in der heutigen Farbenphysiologie sehr allgemein zu bemerken glaubt. Von Blau zu Roth, von Roth zu Gelb geht man durch eine Aenderung der Schwingungszahl des

äussern Lichts, von Schwarz zu Weiss durch eine Aenderung der Quantität oder Amplitude desselben über; ich kann ferner die Empfindung des reinen Weiss nur durch eine Zusammensetzung von mindestens zwei, aber auch von viel mehr homogenen objectiven Farbenstrahlen erzielen, die der reinsten gesättigtsten Farben hingegen nur durch einfach homogene Strahlen. Mag man nun die Lichtempfindungen von einem physischen oder (in Herings Sinne) chemischen Processe abhängig machen, so lassen sich doch von so gar nicht analogen Bedingungen nicht analoge Folgen in dem Sinne voraussetzen, wie es von Hering geschieht.

Aber gleich viel, wie es sich mit der Durchführbarkeit der Analogie zwischen den schwarzweissen und farbigen Empfindungsreihen im Lichtgebiete selbst verhalte, so treten beim Hinblick auf andre Empfindungsgebiete folgende weitere Schwierigkeiten auf.

Hering glaubt, die Scala der Intensitäten von Lichtempfindungen in eine Scala sich ändernder Qualitäten übersetzen und so den Begriff der Intensitäten daraus eliminiren zu können. Aber eine entsprechende Elimination oder Uebersetzung des Begriffes der Intensität ginge doch nicht bei Schall-, Geschmacks-, Gewichtsempfindungen*) u. s. w.; und es wäre doch seltsam, wenn es für die Lichtempfindungen nicht eben so eine Abhängigkeit der Stärke von der Stärke der Reize geben sollte, als für andre Empfindungen, vielmehr bei ihnen ausnahmsweise von verschiedener Stärke der Reize nur eine verschiedene Qualität der Empfindung abhängen, der Begriff der Stärke oder Intensität aber ganz wegfallen sollte. Nun gestattet zwar Hering auch, in der Scala der Lichtempfindungen Intensitäten anzunehmen, aber nur, indem er die Fiction macht, dass die einfache Empfindung des Grau aus zwei Em-

*) Unstreitig zwar können bei Verstärkung der äussern Ursache solcher Empfindungen (des Reizes) Mitempfindungen eintreten, die bei schwachem Reize unter der Schwelle bleiben, und die Hauptempfindung sich dadurch nüanciren; bei grosser Verstärkung des Reizes kann Schmerz eintreten; wollte man aber die Unterschiede der Stärke gegebener Empfindungen überhaupt auf Qualitätsunterschiede reduciren, so hiesse diess, für das, was nach allgemeinem Sprachgebrauch Stärke, Intensität heisst, den Ausdruck Qualität brauchen; womit man nichts als eine Verwirrung des Sprachgebrauches gewönne, ohne dass die sachlichen Beziehungen zwischen dem Reize und der so verstandenen Qualität der Empfindung damit andere würden, als zwischen dem Reize und der Intensität der Empfindung im gewöhnlichen Sinne.

pfindungen, der eines absoluten Schwarz und der eines absoluten Weiss bestehe, die je nach der Abstufung des Grau in verschiedenem Verhältnisse dazu zusammentreten. Und lässt man sich auch diese Fiction, was sie immer bleibt, gefallen, so ist wiederum eine analoge Repräsentation nicht auf andre Empfindungsgebiete übertragbar; denn wer möchte z. B. die verschiedenen Stärken einer Schallempfindung als Mischungen aus der Empfindung einer absoluten Stille und absolut stärksten Schallempfindung repräsentiren. Inzwischen mag es sein, dass Hering überhaupt auf gemeinsame Gesichtspuncte quantitativer Bestimmtheit für die verschiedenen Sinnesgebiete verzichtet oder solche von einer Seite her begründet, die mir noch nicht klar vorliegt. Bestimmteres in dieser Hinsicht ist jedenfalls erst in der, von ihm in Aussicht gestellten, Fortsetzung seiner Untersuchungen über die Beziehung von Leib und Seele zu erwarten.

Nach welchem Princip man nun aber auch eine quantitative Schätzung vornehmen oder zulassen mag, so meine ich, dass man jedenfalls zweierlei dabei zu unterscheiden hat, die sinnliche Helligkeitsempfindung, die vom Schwarz zum Weiss continuirlich ansteigt, und den erregenden Einfluss auf das Allgemeinbewusstsein, die anziehende Kraft auf die Aufmerksamkeit, welche das Schwarz zwar nicht in räumlicher oder zeitlicher Continuität für sich aufgefasst, aber in Contrast mit Weiss aufgefasst, hat. Nach erster Beziehung nimmt das Schwarz in der Scala sinnlicher Empfindungen die uns zugängliche niedrigste Stufe gegen das Weiss als höchste Stufe ein, gleichviel, ob mit oder ohne Contrast aufgefasst, nur dass der Contrast die Helligkeit des Schwarz (nach den Erörterungen unter XI) noch erniedrigt, wenn sie für sich nicht die niedrigste Stufe erreicht hat; in zweiter Beziehung wiegt das Schwarz durch seinen Gegensatz gegen Weiss so viel als das Weiss durch seinen Gegensatz gegen Schwarz, und kann insofern als gleich positiv wirksam auf die Seele angesehen werden. Hering macht diesen Unterschied nicht, sondern scheint mir nicht minder als Delboeuf, nur in anderm Sinne, das zweite Moment mit dem ersten zu vermischen, indem er dem Schwarz selbst eine gleich positive Wirkung auf die Seele zuschreibt, als dem Weiss. Wer aber möchte behaupten, dass er sich vom Dunkel der geschlossenen Augen oder dem Blick in stockfinstre Nacht, wo der Contrast wegfällt, physisch oder psychisch eben so stark angeregt finde, als vom

Blick in eine gleichförmige Helle. Wenn jemand von hellem Lichte ermüdet ist, sucht er die Augen im Dunkeln oder in dämmerndem Lichte »auszuruhen«, verlangt hingegen nach »Anregung« durch das Licht, wenn er lange im Dunkeln stecken musste. Das sind geläufige Ausdrücke, die nicht dazu stimmen, dass dem Schwarz an sich selbst ein gleich positiver Charakter zukomme als dem Weiss. Vor sehr starkem Lichte schliesst man die Augen, wie man sich vor sehr starkem Schalle die Ohren zuhält; wäre das Schwarz gleich positiv anregend als das Weiss, so fiele man damit nur aus einem Zuviel der Erregung in das andere.

Hering behauptet nun freilich, dass man ohne allen Contrast überhaupt kein reines Schwarz, ja (nach der obigen Aeusserung S. 124) »durchaus nicht« den Eindruck des Schwarz erhalte, eine Paradoxie, die doch schwerlich jemand unterschreiben wird. Jedenfalls meine ich, man erhält bei geschlossenen Augen in stockfinstrer Nacht genug vom Eindruck des Schwarz, um beurtheilen zu können, dass das, wenn auch nicht ganz reine, weil noch mit etwas subjectivem Lichtstaub gemischte, Schwarz nicht gleich positiv wirkt als die Tageshelle. Dass Schwarz in Contrast gegen Weiss bei offenen Augen im Tageslicht überhaupt reiner und tiefer schwarz erscheinen kann, als das Schwarz des natürlichen Augenlichtes bei geschlossenen Augen, ist zuzugestehen, und ich selbst habe schon früher in m. Abh. über Contrastempfindung (p. 104) eine hieher gehörige Beobachtung angeführt. Die Erklärung davon ergiebt sich meines Erachtens nach Abschn. XI. S. 111 f. Uebrigens kann man nach derselben Abh. (p. 104) einen Versuch auch so anstellen, dass die Tiefe des Schwarz im geschlossenen Auge in Vortheil gegen seine Tiefe im offenen Auge bei Richtung desselben auf möglichst reines objectives Schwarz tritt. Ich sehe, während ein Auge immer geschlossen bleibt, mit dem andern durch eine inwendig geschwärzte Röhre auf einen vom Tageslicht erhellten Bogen von glanzlosem Russpapier, und öffne und schliesse abwechselnd dieses Auge, wo ich dann die Nacht im Auge bei dessen Schluss ohne Vergleich tiefer finde, als das Schwarz des Fleckes, den ich durch die schwarze Röhre auf dem schwarzen Bogen vor mir sehe und der durch das Tageslicht erhellt ist; was sich freilich leicht dadurch erklärt, dass der Fleck beim Blick durch die schwarze Röhre mit offenem Auge statt in Contrast gegen Weiss,

vielmehr in Contrast gegen das nicht eben so vom Tageslicht erhellte Dunkel der schwarzen Röhre steht.

Wenn der starke Eindruck, den Schwarz in Contrast mit Weiss wirklich macht, daher rühren soll, dass Schwarz an sich selbst eben so positiv als Weiss wirkt, so bliebe unerklärlich, wie es kommt, dass, wenn man auf einen weissen Grund einen schwarzen Fleck oder irgend welche schwarze Züge anbringt, der Eindruck auf die Seele in gewisser Beziehung sogar entschieden stärker, nicht so langweilig ist, als wenn man einen blos weissen oder blos schwarzen Grund vor sich hat. Hat das Schwarz einen gleich positiven Charakter als das Weiss, so ist die Summe des Positiven durch den schwarzen Fleck auf dem Weiss gegen blosses Weiss nicht geändert. Nach meiner Auffassung aber hat die Summe der sinnlichen Helligkeitsempfindungen damit wirklich abgenommen, durch den Contrast ist hingegen die höhere (unterscheidende) Seelenthätigkeit in einer Weise positiv angeregt, dass wir uns doch im Ganzen stärker beschäftigt finden. Auch Hering wird diesen Einfluss des Contrastes nicht leugnen, jedoch dann nicht auf einen positiven Charakter des Schwarz an sich selbst beziehen können; was aber lässt hienach überhaupt noch von einem solchen sprechen?

Anhang über Herings Farbentheorie und eine eigne Hypothese.

Die Farbenempfindungen werden von Hering in s. 6. Mittheil. überhaupt analog als die Empfindungen von Weiss und Schwarz und in Zusammenhang mit diesen behandelt. Hier mögen die fundamentalsten Bestimmungen des Verf. darüber folgen, deren nähere Erläuterung und weitere Ausführung beim Verf. selbst nachzusehen freilich zur genauern Kenntnissnahme von seinen Ansichten nicht erspart werden kann.

Analoge Reihen als die schwarzweissen Empfindungen bilden die blaurothen, blaugrünen, gelbrothen und gelbgrünen Farbenempfindungen. Erstre z. B. anlangend, so hat man, eben so idealiter als ein reines Schwarz und reines Weiss, eine rein blaue und rein rothe Empfindung anzunehmen, mit Uebergängen dazwischen, in denen man mehr oder weniger Blau oder Roth erkennt, wie

man in den Abstufungen des Grau mehr oder weniger Schwarz oder Weiss erkennt. Entsprechend bei den andern Reihen.

Es giebt, abgesehen von Schwarz und Weiss, überhaupt nur vier einfache Farbenempfindungen oder Grundfarben, Grün, Roth, Blau und Gelb, d. h. welche dadurch charakterisirt sind, dass sie »gleichsam ohne den Beigeschmack einer andern Farbe vorkommen können, oder, wenn sie einen solchen erkennbar haben, doch nur in eine, nie in zwei andre zugleich spielen können«. So kann »Gelb ins Rothe oder ins Grüne, nicht aber ins Blaue, Blau nur entweder ins Rothe oder ins Grüne, Roth nur entweder ins Gelbe oder ins Blaue spielen. . . . Alle übrigen Farben können wir in sofern zusammengesetzte oder Mischfarben nennen, als sich immer zwei Farben in ihnen zugleich erkennen lassen. Mehr als zwei einfache Farben aber lassen sich aus keiner zusammengesetzten Farbe heraus empfinden«; und »einerseits sind Roth und Grün, anderseits Gelb und Blau nie gleichzeitig in einer Farbe bemerkbar. Warum sich diess so verhält, ist von vorn herein nicht einzusehen; aber es ist so. . . . Eine Antwort darauf ist vorerst unmöglich. . . . Denn logisch lässt sich die Thatsache nicht begründen, und vorerst ist es ganz gut denkbar, dass es noch einmal gelingt Bedingungen herzustellen, unter welchen uns eine z. B. aus Roth und Grün gemischte Empfindung entsteht, oder dass es Wesen giebt, welche eine solche Empfindung öfter haben.«*) — Kürze halber nennt der Verf. die sich ausschliessenden Grundfarben »Gegenfarben«. —

»Von einer Farbe zu ihrer Gegenfarbe lässt sich keine stetige Reihe von farbigen Uebergängen bilden, wenn man nicht eine dritte Grundfarbe zu Hülfe nimmt. . . . Jede einfache Farbe hat nur eine, jede Mischfarbe zwei Gegenfarben.«

»Jeder beliebige Farbenton kann in sehr verschiedener Reinheit (oder nach üblichem Ausdruck Sättigung) auftreten. . . . Die Beimischungen, durch welche die Reinheit eines empfundenen Farbentones beeinträchtigt wird, sind nur die schwarzweissen Empfindungen. . . . Eine Grundfarbe kann allerdings eigentlich

---

*) Der Verf. mag es dieser Ansicht günstig finden, dass ich von Jemand hörte, er habe mitunter beim Einschlummern Farbenempfindungen, die er mit keinen bei Tage gesehenen zu vergleichen wisse. Dass dieselben der Ansicht des Verf. entsprechen, ist freilich damit noch nicht erwiesen.

auch durch eine andere verunreinigt werden, aber das pflegt man eine Aenderung des Tones zu nennen.« . . . Die Uebergänge zwischen idealreiner Farbe einerseits und einem beliebigen Gliede der schwarzweissen Empfindungsreihe anderseits, bezeichnet der Verf. als Nüancen der Farbe. . . .

»Gäbe es absolut reine Farbenempfindungen, was nicht der Fall ist, so würden uns diese dem reinen Weiss eben so wenig verwandt erscheinen als dem reinen Schwarz; . . . jede wirklich vorkommende farbige Empfindung aber hat etwas Schwärzliches oder Weissliches in sich und erscheint desshalb dem Schwarz oder Weiss verwandt, bald mehr dem einen, bald mehr dem andern, bald beiden gleich viel.« . . .

»Man kann die Begriffe der Helligkeit und Dunkelheit, die bei den farblosen Empfindungen identisch sind mit der Weisslichkeit oder Schwärzlichkeit, dahin erweitern, dass man alle Gesichtsempfindungen, mit Ausnahme des absoluten Schwarz, mehr oder minder hell nennt, und alle, mit Ausnahme des absoluten Weiss, mehr oder minder dunkel. . . . Die reine Farbe ist desshalb gleich hell wie dunkel, weil sie vom Weiss so wenig enthält wie vom Schwarz, nämlich gar nichts*), während das neutrale Grau desshalb gleich hell wie dunkel ist, weil es gleich viel Weiss wie Schwarz enthält. . . . Eine farbige Empfindung wird bei gleichbleibender Reinheit oder Sättigung heller, wenn sich das Verhältniss des gleichzeitig in ihr empfundenen Weiss und Schwarz zu Gunsten des Weiss ändert, dunkler, wenn es sich zu Gunsten des Schwarz ändert, anders gesagt, wenn die der Farbenempfindung beigemischte schwarzweisse Empfindung, ohne ihr Verhältniss zur erstern zu ändern, weisslicher oder schwärzlicher wird.«

An vorige, in der Originalabhandlung weiter entwickelte, Bestimmungen knüpft der Verf. (6. Mittheil. p. 10 ff.) sein System numerischer Bezeichnungen verschiedener Helligkeits- und Reinheitsgrade der Farben.

Endlich setzt der Verf. damit (6. Mittheil. p. 12 ff.) seine che-

---

*) Meines Erachtens wäre es consequenter, zu sagen, dass hienach der Begriff von Helligkeit und Dunkelheit in Herings Sinne auf reine Farben eben so wenig Anwendung fände, als der Begriff von Roth und Gelb auf Weiss und Schwarz, da ja auch von Roth und Gelb »gar nichts« in Weiss und Schwarz enthalten ist.

mische Theorie, deren allgemeinste Grundzüge S. 36 mitgetheilt wurden, durch folgende Hauptsätze in Beziehung.

»Die sechs Grundempfindungen der Sehsubstanz ordnen sich zu drei Paaren: Schwarz und Weiss, Blau und Gelb, Grün und Roth.«

»Jedem dieser drei Paare entspricht ein Dissimilirungs- und Assimilirungsprocess [respectiv mit *D* und *A* vom Verf. bezeichnet] besondrer Qualität, so dass also die Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig ist.«

Hienach unterscheidet der Verf. unter gewissem Vorbehalte »drei verschiedene Bestandtheile der Sehsubstanz«, welche er als die schwarzweiss empfindende, die blaugelb empfindende, und die rothgrün empfindende Substanz bezeichnet.

Für die schwarzweisse Substanz nimmt der Verf. an, dass ihre Dissimilirung *D* dem Weiss, ihre Assimilirung *A* dem Schwarz entspricht. Für die blaugelbe und rothgrüne Substanz lässt er vorerst dahin gestellt, welche Farbe die *D*-Farbe und welche die *A*-Farbe ist.

»Die drei Substanzen setzen nicht zu gleichen Theilen die Sehsubstanz zusammen, vielmehr ist die schwarzweisse Substanz viel reichlicher im Sehorgan enthalten als die beiden andern, und auch diese beiden sind unter sich nicht gleich.«

»Alle Strahlen des sichtbaren Spectrum wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Substanz, aber die verschiedenen Strahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe oder grünrothe Substanz dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimilirend, gewisse andre assimilirend, und gewisse Strahlen gar nicht.«

»Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl für die blaugelbe als für die rothgrüne Substanz ein gleichstarkes Dissimilirungs- wie Assimilirungsmoment setzt, weil dann beide Momente sich gegenseitig aufheben, und die Wirkung auf die schwarzweisse Substanz rein hervortritt.« U. s. w.

Um einige Bemerkungen an vorige Theorie zu knüpfen, so würde die, ganz sinnreich durchgeführte, vielmehr psychochemische als psychophysische, Lichttheorie Herings natürlich überhaupt eine ganz andere Bedeutung gewinnen, wenn es für die Annahme der drei verschiedenen Sehsubstanzen und darein eingreifenden zweierlei chemischen Processe noch eine directere empirische Unter-

lage in der physiologischen Optik gäbe, als die Phänomene, zu deren Erklärung sie angenommen werden, und wenn ein Zusammenhang zwischen den äussern und innern Bedingungen der Empfindung danach consequent verfolgbar wäre. Abgesehen aber von den, schon S. 124 f. bemerkten, Incongruenzen in dieser Hinsicht scheint mir eine ganz fundamentale in folgendem Puncte zu liegen.

Schwarz und Weiss als *A* und *D* derselben Sehsubstanz geben zusammen die Empfindung Schwarzweiss oder Grau. Hienach sollten Blau und Gelb, Roth und Grün, dessgleichen als *A* und *D* (oder *D* und *A*) derselben, aber von der schwarzweissen verschiedenen, Sehsubstanz vom Verf. gefasst, eine blaugelbe und rothgrüne, von der weissen oder grauen aber verschiedene, Empfindung geben. Statt dessen geben sie (nach ihrem Verhältniss als Complementärfarben) auch eine graue oder weisse Empfindung. Der Verf. findet es (wie S. 129 bemerkt) selbst räthselhaft, dass weder eine blaugelbe noch rothgrüne Empfindung existirt. Es existirt eben die graue oder weisse dafür. Der Verf. scheint die Erklärung nach Obigem darin zu suchen, dass, wenn sich *A* und *D* in der blaugelben oder rothgrünen Substanz wechselseitig gerade aufheben, blos die farblose Empfindung der stets beigemischten schwarzweissen Substanz übrig bleibe. Aber da die gegenseitige Aufhebung von *A* und *D* in der schwarzweissen Substanz kein Verschwinden der Empfindung von Schwarz und Weiss, sondern ein mittleres Resultat von beiden, Grau, zur Folge hat, sollte nach natürlicher Consequenz das Entsprechende bei der blaugelben und rothgrünen Substanz der Fall sein; und sofern es nicht der Fall ist, scheint mir etwas in den Grundvoraussetzungen über die Rolle, welche *A* und *D* zu spielen haben, nicht zu stimmen. Hier rufen sie bei Zusammenwirken in gleicher Stärke ein Verschwinden, da ein mittleres Resultat ihrer Specialwirkungen hervor.

Aber gestehen wir, dass auch die Oscillationstheorie nach ihrer jetzigen Ausbildung noch Schwierigkeiten darbietet, zu deren Lösung sie so gut als die chemische Theorie auf Hülfshypothesen angewiesen ist, nur dass mir solche leichter consequent mit sich und den Thatsachen auszubilden scheinen. Betrachten wir einiges hieher Gehörige.

1) Indess die Schwingungszahlen des äussern Farbenspectrum

continuirlich von Violet bis Roth abnehmen, man also einen ähnlichen continuirlichen Abfall einer einzigen Farbenempfindung als inneres Spectrum erwarten sollte, wie man bei continuirlicher Abnahme der Amplitude des äussern Lichtes einen continuirlichen Abfall der Helligkeit empfindet; treten ganz heterogene Farbenempfindungen als Blau, Grün, Gelb, Roth im Verfolge des innern Spectrum auf.

2) Man kennt rothgelbe, gelbgrüne, grünblaue, blaurothe, aber nach Herings Bemerkung keine grünrothen noch gelbblauen Empfindungen, d. h. welche dem Grün und Roth, Blau und Gelb zugleich verwandt sind. Das stimmt nun zwar bis zu gewissen Grenzen ganz gut mit der Oscillationsansicht, sofern sich zwischen Grün und Roth, Blau und Gelb die Schwingungszahlen andrer Farben einschieben, nicht so zwischen Roth und Gelb u. s. w.; aber zwischen Blau und Roth schiebt sich fast das ganze Spectrum ein; und doch hat man violete, d. i. blaurothe Empfindungen.

3) Wie erklärt sich die Möglichkeit, dass Complementärfarben und zwar Complementärfarben ganz verschiedener Art, sich immer zum selben Eindruck des Weiss oder Grau zusammensetzen?

4) Wie repräsentiren sich die Erscheinungen der Farbenblindheit?

5) Wenn schon man den Intensitätsunterschied der Empfindungen von Schwarz und Weiss nicht durch einen qualitativen für eliminirt halten kann, wird doch nicht zu leugnen sein, dass Schwarz und Weiss bei ihrem Intensitätsunterschiede sich auch qualitativ verschieden für die Empfindung in einer Weise darstellen, wovon das Gebiet der Gehörs-, Geschmacks-, Gewichtsempfindungen nichts Analoges zeigt; ferner zuzugestehen, dass die Empfindungen des Schwarz und Weiss, wenn schon charakteristischer verschieden von allen Farbenempfindungen als alle unter sich, doch einen analogen Uebergang zwischen einander durch Mittelstufen zeigen, als z. B. Roth und Gelb, Gelb und Grün im Farbengebiete. Führt nun auch nach Vorigem Herings chemische Theorie, indess sie ausdrücklich auf Repräsentation dieser Puncte berechnet ist, in zu grosse Schwierigkeiten betreffs andrer Puncte, um sich derselben zu fügen, so besteht doch auch gegenseits für die Oscillationstheorie zunächst die Schwierigkeit, eine genügende Repräsentation jener Puncte zu finden.

Nun behaupte ich nicht, einer sichern Lösung aller dieser

Schwierigkeiten schon gewachsen zu sein, glaube aber doch, dass ein Weg zu gemeinsamer Lösung derselben in Zuziehung einer Hypothese liegt, die ich schon in Elem. II. 301 ff. aufstellte und hier mit dem Versuche der Anwendung auf obige Puncte reproduciren will.

Nach ihr vollzieht jede Opticusfaser unter dem Einflusse selbst des einfachsten Farbenreizes eine Zusammensetzung von Schwingungen, und giebt es also keine in ähnlichem Sinne einfachen subjectiven Farben, als sich objectiv durch prismatische Zerlegung herstellen lassen; sondern die einfachste objective Farbe ruft blos die verhältnissmässig einfachste subjective Farbenmischung, d. i. Zusammensetzung von Schwingungen verschiedener Dauer, hervor, und die Qualität der Empfindung, welche daran hängt, beruht auf der Zusammensetzungsweise dieser Mischung.*) Voraussetzlich überwiegt in der Mischung die, der objectiven Schwingung entsprechende an Stärke und fallen die andern in dieser Hinsicht nach Massgabe ab, als sie in der Dauer oder Schwingungszahl abweichen, was jedoch, da die Erregbarkeit der Netzhaut in gewisse Grenzen der Schwingungszahl eingeschränkt ist, eine Ausnahme bei den, über die Grenzen des sichtbaren Spectrums hinaus fallenden objectiven Strahlen erleiden muss. Auch könnte möglicherweise schon die Annäherung an die Grenzen eine Schwächung in dieser Hinsicht mitführen.

Dabei kann man sich erinnern, dass auch im Tongebiete eine objectiv einfache Schwingung nicht wieder eine eben so einfache subjective Schwingung auslöst**); nur lässt sich keineswegs eine

---

*) Um zu beweisen, dass die obige Hypothese keine physikalische Unmöglichkeit einschliesst, erwähne ich in Elem. II. 303 folgenden Umstand: »Selbst im Gebiete der objectiven Lichtlehre kann eine einfache homogene farbige Schwingung in einem Medium durch Mittheilung ein andres zu einer zusammengesetzten Farbenschwingung anregen. Es ist diess nämlich der Fall der Fluorescenz. Bekanntlich wird durch fluorescirende Substanzen die Schwingungszahl der brechbarern Farben überhaupt erniedrigt; aber nach den Untersuchungen von Stokes geschieht diess im Allgemeinen nicht so, dass die homogene Farbe sich in eine andre homogene von geringerer Schwingungszahl umsetzt, sondern das, durch homogene Farbenstrahlen hervorgerufene, dispergirte Licht findet sich im Allgemeinen mehr oder weniger zusammengesetzt.«

**) In der That führt jeder objectiv einfache Ton unter Berücksichtigung von Gliedern zweiter Ordnung im mathematischen Ausdruck der Wirkung, die

vollständige Analogie zwischen den Verhältnissen beider Gebiete durchführen.

Vielmehr, während die verschiedenen Partialschwingungen, die demselben Grundtone (als Obertöne) zugehören, von verschiedenen Acusticusfasern percipirt werden, werden diejenigen, welche demselben objectiven Farbentone zugehören, von derselben Opticusfaser percipirt; — so wenigstens meine Hypothese der Youngschen gegenüber — um zu erklären, dass Partialfarben nicht eben so als Partialtöne durch Aufmerksamkeit gesondert werden können.

Während ferner bei steigender Höhe eines Grundtones die ganze Zusammensetzung, die er innerlich auslöst, immer aus Partialtönen besteht, die sich zwar nicht in der absoluten Schwingungszahl, aber in den Verhältnissen von einem zum andern Grundtone gleich bleiben, hat man bei den Farben anzunehmen, dass sich im Uebergange zwischen verschiedenen objectiv einfachen Farben auch die Zusammensetzungs*verhältnisse* der dadurch ausgelösten subjectiven Farbe ändern, womit sich zugleich erklärt, dass der Eindruck der Farbenverschiedenheiten mehr dem der Klangverschiedenheiten als Tonhöheverschiedenheiten analog erscheint, und dass im Durchlaufen des Spectrum wirklich grosse Verschiedenheiten zwischen den Farbeneindrücken eintreten können.

Ob die Partialschwingungen der subjectiven Farbe, die von einer objectiven Farbenschwingung ausgelöst werden, eben so discontinuirlich sind, als Grundton und Obertöne eines Saitentons, und ob sie eben so nur nach *einer* Seite von der stärksten Grundschwingung abweichen, kann zunächst fraglich erscheinen, würde sich aber wohl durch eine genauere Discussion entscheiden lassen.

Rücksichtslos auf diese noch schwebenden Fragen, sind nach Vorigem objectiv einfache Complementärfarben jedenfalls solche, wodurch subjective Zusammensetzungen ausgelöst werden, die, in angemessenen Verhältnissen zusammengenommen, die subjective Zusammensetzung des Weiss oder Grau repräsentiren. Sofern nun im Durchlaufen des objectiven Spectrum zu jeder objectiv einfachen Farbe eine andre einfache Farbe oder (wie bei Grün,

---

er im Ohr erzeugt, seine harmonischen Obertöne im Ohre mit. (Vergl. u. a. J. J. Müller in den Berichten d. sächs. Soc. 1871. p. 115 ff.)

Helmholtz p. 277) eine Zusammensetzung von zweien als complementäre zu finden ist, hat man sich die Abänderung in der Zusammensetzungsweise der zugehörigen subjectiven Farben so vorzustellen, dass dieser Bedingung widerspruchslos genügt wird, wovon die Möglichkeit der Durchführung allerdings noch näherer Prüfung bedarf. Allgemein gesprochen jedenfalls kann das subjective Weiss, als totale Zusammensetzung von *a*, *b*, *c*, *d*, *e* . . . . betrachtet, auf sehr verschiedene Art in zwei Zusammensetzungen zerlegt, und also auch wieder aus solchen identisch zusammengesetzt werden, was die allgemeine Möglichkeit begründet, Weiss aus sehr verschiedenen Complementen herzustellen.

Die Annäherung des Violet an Roth scheint für ein periodisches Element in der Zusammensetzungsweise der subjectiven Farben beim Durchlaufen des Spectrum zu sprechen, wenn nicht etwa die von Helmholtz (p. 234) versuchte Erklärung durch Fluorescenz der Netzhaut vorzuziehen ist.

Für die Farbenblindheit wird der allgemeine Gesichtspunct zu gelten haben, dass bei den Farbenblinden abnormerweise die Endapparate der Opticusfasern nicht geeignet sind, unter dem Einfluss äusserer Farbenschwingungen alle Arten von Farbenschwingungen eben so zu produciren, oder die Opticusfasern selbst nicht eben so gestimmt solche fortzupflanzen, als bei den Personen von normalem Sehvermögen.

In Betreff der Schwierigkeit unter 5) scheint mir Folgendes geltend zu machen.

Schon früher war aus beiläufigen Versuchen von mir (Pogg. Ann. 1840 L. 465) und späteren eingehendern von Helmholtz (p. 233) bekannt, dass alle Farben, auch die objectiv einfachen, sich um so mehr dem Weiss oder Weissgelb nähern, je intensiver ihr Licht ist; und weitere Versuche von Helmholtz (p. 234. 319), Aubert (p. 128) und Chodin*) (p. 18. 30) haben gelehrt, dass auch bei Annäherung an das Dunkel die Empfindung des Farbentones, den eine gegebene objective Farbe erweckt, sich ändert. **)

---

*) »Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindungen von der Lichtstärke.« Jena, Dufft, 1874.

**) Wenn nach den obgenannten Beobachtern alle Farben bei immer grösserer Annäherung an das Dunkel, obschon noch durch Helligkeit vom schwarzen Grunde unterscheidbar, doch endlich farblos erscheinen, so möchte

Also beweist die Thatsache selbst, dass mit Aenderung der objectiven Intensität (Amplitude) einer Schwingung die Bestandverhältnisse der subjectiven Zusammensetzung, die davon ausgelöst wird, sich ändern; und was von den einfachen objectiven Schwingungen gilt, wird sich auf die objectiv weisse Zusammensetzung derselben übertragen, hienach, wenn das objective Weiss durch Verminderung der Intensität in Schwarz übergeht, die davon ausgelöste subjective Zusammensetzung sich in ihren Bestandverhältnissen so ändern können, dass dadurch die verschiedene Qualität der Empfindung des Schwarz vom Weiss bedingt wird; wobei es allerdings noch der Klarstellung bedürfen wird, durch welche Compositionsverhältnisse sich die schwarzweissen subjectiven Zusammensetzungen von den farbigen unterscheiden, ohne in solche überzugehen. *)

Da nach dem Gesetz und der Thatsache der Mischungsschwelle (S. 105 f.) dem objectiven Weiss direct eine gewisse Quantität Farbe zugemischt werden kann, ohne dass der Unterschied von reinem Weiss erkannt wird, worüber bestimmte Versuche vorliegen, so folgt schon hieraus auch für die von der objectiven abhängige subjective weisse Mischung der Farbenstrahlen, dass innerhalb gewisser Grenzen eine Aenderung dieser Mischung stattfinden kann, ohne als farbig zu erscheinen, wenn schon daraus noch nicht folgt, dass sie bis zur Erzeugung des Qualitätsunterschiedes zwischen Weiss und Schwarz gehen kann. Im subjectiven Lichte des Augenschwarz ist jedenfalls von vorn herein dieselbe Zusammensetzung anzunehmen, welcher man sich durch Verringerung der Intensität des objectiv farblosen Lichtes subjectiv mehr und mehr nähert.

Hienach bleibt freilich auf Grund unsrer Ausgangshypothese noch manche Frage zu lösen, ehe man sich versichert halten darf,

---

diess auf das Gesetz der Mischungsschwelle (S. 105 f.) zurückzuführen sein, sofern das Schwarz, wovon sich eine Farbe abzuheben hat, selbst eine Mischung aller Farben enthält, die Schwelle für die Farbenempfindung aber nicht dieselbe als für die Helligkeitsempfindung ist.

*) Gelegentlich hiezu die Bemerkung, dass, wenn bei Aenderung der Intensität einer objectiven Farbe oder des objectiven Weiss nicht alle subjectiven Farbenstrahlen, welche davon ausgelöst werden, sich in gleichem Intensitätsverhältnisse ändern, diess mit Antheil an den experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze bei abgeänderter Intensität der Componenten eines Lichtunterschiedes haben könnte.

dass damit allen Schwierigkeiten zu begegnen ist; und ich kann sie in dieser Beziehung nur als eine bisher unmassgebliche einer weitern Prüfung empfehlen.

XV. Bernsteins psychophysisches Grundgesetz.

Bernstein hat bemerktermassen (S. 20) über das psychophysische Grundgesetz zwei Abhandlungen veröffentlicht, die eine, folgends kurz mit I. zu bezeichnen, im Reichert-Duboisschen Arch. 1868 p. 388 ff., die andre, mit II. zu bezeichnen, in s. Schrift: »Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme« 1871 p. 166 ff. Die zweite Abhandlung enthält unter Bezugnahme auf die erste nur einige weitere Ausführungen und formelle Abänderungen, ohne dass Princip und Resultat der Betrachtung sich wesentlich dadurch ändern. In der ersten Abhandlung beschränkt sich nämlich der Verf., die Fortpflanzung der Erregung von ihrer Eintrittsstelle im Gehirn an blos nach einer Dimension in Betracht zu ziehen, in der zweiten verfolgt er sie durch einen kreisförmigen Raum nach zwei Dimensionen, mit der Bemerkung (II. 178), dass auch der Verfolg nach drei Dimensionen zu wesentlich demselben Resultate führen würde.

Wie schon im 4. Abschnitt kurz erwähnt, geht die Absicht des Verf. dahin, statt der, von mir angenommenen, logarithmischen Abhängigkeit der Intensität der Empfindung von der Intensität der inneren Erregung eine einfache Proportionalität der Intensität der Empfindung nicht mit der Intensität, aber mit der, nach dem Verf. begrenzten, räumlichen Ausbreitung der innern Erregung, von der Eintrittsstelle im Gehirn an, zu begründen, diese Ausbreitung durch die Zahl centraler Elemente, Ganglienzellen, durch welche sie erfolgt, als gemessen angesehen; zugleich aber zu begründen, dass diese Ausbreitung in einer entsprechenden logarithmischen Abhängigkeit von der Stärke des Reizes stehe, als ich bezüglich der Empfindung vom Reize statuire.

Der ganze kreisförmige Raum, durch den sich die Erregung von der Eintrittsstelle in das Gehirn an bis zum Verschwinden

ihrer Intensität fortzupflanzen vermag, in angegebener Weise gemessen, wird von ihm Irradiationskreis genannt, wofür wir allgemeiner Irradiationsraum setzen können, wenn es gilt, die Möglichkeit einer Ausbreitung nach allen Seiten in einen Raum von drei Dimensionen mit einzuschliessen.

Die Intensität der Erregung beim Eintritt in das Gehirn setzt der Verf. der Intensität des äussern Reizes proportional oder identificirt sie bei Ableitung seiner Formeln damit, indem nach der Discussion eigner und fremder Versuche (mit elektrischen Reizen) die, in Form einer Welle (Reizwelle) durch den Nerven sich fortpflanzende, Erregung bei dieser Fortpflanzung keine Schwächung erleidet, wogegen eine solche nach dem Verf. mit dem Eintritt in die Ganglienzellen beginnt.

Die Stärke der Erregung an jedem Puncte des Irradiationskreises wird vom Verf. durch die lebendige Kraft eines sich hindurch fortpflanzenden Schwingungsvorganges als gemessen angesehen, kommt aber für den Verf. bei Schätzung der Empfindung nach der Grösse des Irradiationskreises oder Zahl darin enthaltener Ganglienzellen nur in sofern in Betracht, als eine grössere Intensität beim Eintritt ins Gehirn und folgweis an jedem Puncte des Irradiationskreises eine grössere Ausdehnung desselben bedingt.

Dass die Erregung sich nicht über gewisse Grenzen im Gehirn ausbreitet, sondern mit der Ausbreitung sich immer mehr schwächend endlich mit einer gewissen Grenze des Irradiationskreises abschliesst, erklärt der Verf. nicht blos durch die, von ihm jedoch mit berücksichtigte, Schwächung, welche die Verbreitung über einen grössern Raum von selbst mitführen muss, sondern auch durch einen eigenthümlichen, der Intensität der Erregung proportionalen, Widerstand, den jedes centrale Element auf die hindurchschreitende Erregung ausübt, in Verbindung mit der Thatsache der Schwelle, wie unten anzugeben.*)

---

*) Um sich nicht zwischen zwei gleich möglichen Vorstellungsweisen zu verwirren, ist zu bemerken, dass bei einem momentanen Reize blos von einem successiven Durchlaufen der centralen Elemente mit abnehmender Intensität der Erregung die Rede sein kann, indess bei einem gleichmässig fortwirkenden Reize die volle Intensität am Eintritt in das erste centrale Element mit der verschwindenden oder auf den Schwellenwerth herabgekommenen im letzten Element, bis wohin die Ausbreitung erfolgt, zugleich besteht. Es

Dass die Empfindung vielmehr proportional einem physischen Umstande, als logarithmisch von einem solchen abhängig sei, und dass es vielmehr eine räumliche Ausbreitung als eine Intensität sei, welcher sie proportional ist, sind eigentlich nur Voraussetzungen des Verf., welche er aus unten angegebenen Gesichtspuncten a priori für wahrscheinlicher hält als die meinigen, indess die Deductionen des Verf. unter Mitzuziehung der Voraussetzung einer begrenzten Ausdehnung des Irradiationsraums dahin gehen, zu zeigen, wie das logarithmische Massgesetz in Bezug auf den Reiz daraus hervorgeht. Das Wesentliche dieser Deductionen folgt hier nur mit der unwesentlichen Abänderung, dass ich sie von vorn herein allgemein genug halte, um sowohl auf die Ausbreitung der Erregung nach einer Dimension (wie in I.), als nach zwei Dimensionen (wie in II.), als nach drei Dimensionen bezogen werden zu können.

Darin, dass ich für die eigentlich endlichen, doch sehr kleinen und einander nahen erregten Elemente des Gehirns unendlich kleine in unendlicher Nähe zur Gewinnung einer Differenzial- und Integralgleichung substituire, folge ich nur dem Verf., und dürfte hiegegen nichts Erhebliches einzuwenden sein.

Nach Massgabe als die Erregung von ihrer Eintrittsstelle an vorschreitet, wird sie einen, je nach der Voraussetzung linearen, kreisförmigen oder kugelförmigen Raum s erfüllen, und nach Massgabe des Wachsthums von s die Intensität der Erregung y an der Grenze dieses Raumes geschwächt sein, die Ausbreitung selbst aber nicht über eine gewisse Grösse S, wo y auf den Schwellenwerth b herabgekommen ist, kurz nicht über den sog. Irradationsraum hinaus gedeihen können.

Gemäss der Grundvoraussetzung nun ist die Empfindung γ durch die Formel

$$\gamma = \alpha S \qquad (1)$$

als gemessen anzusehen, worin α die Dichtigkeit der Centralmasse bedeutet, durch die sich die Erregung ausbreitet, d. i. die Anzahl der centralen Elemente in der Einheit der räumlichen Ausdehnung.

Sei nun r die grösste Entfernung, bis zu welcher die Aus-

---

dürfte aber hier gleichgültig sein, der Betrachtung die eine oder andre Vorstellungsweise unterzulegen.

breitung der Erregung von der Eintrittsstelle an erfolgt, also der Radius des Irradiationsraumes, so ist S je nach der Voraussetzung $= 2r = \pi r^2 = \frac{4}{3}\pi r^3$, wovon die erste zu der Gleichung des Verf. I. 391 (wo s statt $2r$ steht), die zweite zur Gleichung II. 176. 179 zurückführt.

Hienach gilt es, S als Function des Reizes β und des Schwellenwerthes b, mit welchem die Erregung y an der Grenze des Irradiationsraumes abschliesst, auszudrücken, wozu der Verf. wie folgt gelangt.

Der Verlust, welchen die Intensität y im Fortschritte von irgend einer Grösse des Raumes s, bis zu der die noch nicht vollendete Ausbreitung erfolgt ist, zum nächsten Element dieses Raumes ∂s erleidet, wird sich proportional setzen lassen: erstens dem Wachsthum von αs um $\alpha \partial s$ (wegen Schwächung von y durch die Ausbreitung), zweitens der Grösse von y an der Grenze des durch s gemessenen Raumes, und drittens einer Constante k, welche den specifischen Widerstand der centralen Elemente oder den Verlust an Intensität bedeutet, den die Einheit der Erregung in der Einheit der räumlichen Ausbreitung erleidet. Wir haben also:

$$\partial y = -k\alpha y \partial s \quad \text{oder} \quad \frac{\partial y}{y} = -k\alpha \partial s \qquad (2)$$

mithin

$$\text{log. nat. } y = -k\alpha s + \text{Const.} \qquad (3)$$

Sofern nun dem Werthe $y = \beta$ beim Eintritt in das Gehirn der Werth $s = 0$, dem Werthe von $y = b$ der Totalraum S entspricht, haben wir

$$\text{log. nat. } \beta = \text{Const.}$$
$$\text{log. nat. } b = -k\alpha S + \text{Const.}$$

also durch Abzug der zweiten von der ersten Gleichung

$$k\alpha S = \text{log. nat.} \frac{\beta}{b} \qquad (4)$$

und, sofern nach (1)

$$\gamma = \alpha S$$

schliesslich

$$\gamma = \frac{1}{k} \cdot \text{log. nat.} \frac{\beta}{b} \qquad (5)$$

welche Gleichung (unter Ersatz der Constante $\frac{1}{k}$ durch k) in der

Form mit unsrer Massformel übereinstimmt, und für die äussere Psychophysik gleiche Bedeutung damit hat, aber nicht die gleiche Auslegung für die innere Psychophysik gestattet, sofern nach Bernstein nicht eben so, wie nach uns in unsrer Massformel, für den Reiz β die Intensität der psychophysischen Erregung substituirt werden darf.

Ziehen wir nun in Betracht, was der Verf. (I. 391) zu Gunsten seiner Grundvoraussetzungen aufstellt, und was dagegen einzuwenden sein möchte.

»Dasjenige Mass — sagt er (I. 391) — mit dem wir die Intensität irgend einer Kraft messen, ist der Raum. Die Anziehungskraft messen wir durch den Fallraum in einer Secunde. Die Wärme messen wir durch die Ausdehnung, welche ein erwärmter Körper erleidet. Die Stärke eines elektrischen Stromes durch die Ablenkung einer Magnetnadel aus ihrer Ruhelage. Ein unmittelbares Mass für die Intensität besitzen wir nicht.«

»Eben so wenig ist es denkbar, dass wir die Intensität einer Empfindung als solche unmittelbar in uns aufnehmen. Wir würden in diesem Falle zu dem absurden Schlusse gelangen, dass wir für die natürlichen Logarithmen einen angeborenen Sinn haben, wie für die Reihe der natürlichen Zahlen.«

»Da also auch hier kein andres Mass übrig bleibt, so werden wir zu der sehr nahe liegenden Annahme geführt, dass wir die Intensität einer Empfindung nach dem Wege abschätzen, welchen die Erregung im Centrum zurücklegt. Je stärker die eintretende Erregung ist, desto tiefer dringt sie in das empfindende Centrum ein, desto mehr Centralmasse geräth in einen dem Process der Empfindung entsprechenden Zustand.«

Aber es ist nicht richtig, dass wir die Intensität einer Kraft, sei sie als Stosskraft, beschleunigende, bewegende oder lebendige Kraft gefasst, fundamental blos durch den Raum, den der durch die Kraft getriebene Körper zurücklegt, messen, sondern vielmehr mit Rücksicht auf die Zeit, in welcher der Raum zurückgelegt wird, d. i. als Function der, durch die Kraft erzeugten, Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung. Hienach aber kann es Niemand glaublich finden, dass, wenn die Empfindung überhaupt von einem Erregungsvorgange in den Ganglienzellen abhängt, es hinsichtlich der Stärke der Empfindung blos auf den Raum oder die Zahl der Zellen, durch die er sich in Abhängigkeit von seiner

ursprünglichen Stärke ausbreitet, ankommt, wenn schon sich daran denken liesse, dass es auf das (durch infinitesimale Summation zu bestimmende) Product der Ausbreitungsgrösse in die, mit der Ausbreitung und vermöge der Widerstände auf ihrem Wege sich schwächende, Intensität ankommt, worauf aber die Ansicht und Deduction des Verf. nicht geht.

Wäre aber auch die fundamentale Bezugsetzung des Masses der Kraft zum Raume, wovon der Verf. ausgeht, triftig, so geht sie ja damit verloren, dass der Verf. in seiner Ausführung vielmehr die Zahl der Zellen, die in einem gegebenen Raume enthalten sind, ja im Grunde, worauf unten zu kommen, den Verlust an lebendiger Kraft, der durch die Zahl der Zellen bewirkt wird, als massgebend für die Grösse der Empfindung ansieht; ohne dass er diesen Verlust anders, als nach der Zahl, wie oftmal er sich wiederholt, in Rechnung zieht.

Wie der Verf. eine Absurdität darin finden kann, die Intensität einer Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit von der Intensität der unmittelbar unterliegenden Erregung zu denken, ist mir nicht klar geworden. Setzen wir überhaupt voraus, dass das Psychische quantitativ abhängig sei vom Physischen, so lässt sich doch a priori gar nicht bestimmen, ob es in einfach proportionaler oder in logarithmischer Abhängigkeit davon stehe, und Eins ist so wenig absurd als das Andre. Die Erfahrung muss entscheiden. Auch im physischen Gebiete giebt es logarithmische Abhängigkeitsverhältnisse, wie denn der Verf. selbst ein solches zwischen dem Irradiationsraum und Reize statuirt; warum soll nicht auch ein solches zwischen einer psychischen und physischen Grösse bestehen.

Für das Dasein des Widerstandes, welchen die Erregung in den Ganglienzellen erleidet, macht der Verf. (I. 389) verschiedene Thatsachen aus dem Gebiete der Reflexerscheinungen geltend, und erläutert denselben (I. 390) näher durch folgende Bemerkung.

»In der Mechanik versteht man im Allgemeinen unter Widerstand diejenige Ursache, welche einen Verlust an Geschwindigkeit eines in Bewegung begriffenen Körpers bewirkt. In unserm Falle müssen wir eine andre Definition von Widerstand geben, weil wir es nicht mit einem sich fortbewegenden Körper, sondern mit einem vorschreitenden Process zu thun haben.«

»Ein Beispiel, welches unserm Falle näher liegt, wäre die

Fortpflanzung einer Schallwelle, welche durch die Reibung der Lufttheilchen einen Widerstand erfährt. Dieser bewirkt einen Verlust an lebendiger Kraft und lässt sich daher ausdrücken durch die Abnahme der Intensität, welche die Schallwelle erleidet.«

Allerdings scheint zu diesem Vergleiche nicht recht zu stimmen, dass die Reizwelle nach den Versuchen des Verf. (in II.) im Fortschritt durch die Nervenfaser keine Schwächung der Intensität erfährt, und vielleicht kommt er in II. desshalb nicht auf die vorige Erklärung zurück, sondern begnügt sich (II. 177) zu sagen, nachdem er jener Eigenschaft der Nervenfaser, die Reizwelle ungeschwächt durch sich durchgehen zu lassen, gedacht: »Anders aber verhalten sich nach unsrer Annahme die Centren. Hier tritt die Reizwelle gleichsam in ein andres Medium ein, welches durch einen Widerstand ihre Intensität schwächt.« Das Verschwinden von lebendiger Kraft durch diesen Widerstand aber führt er (II. 202) im allgemeinen Ausdrucke auf Umsetzung in Spannkraft zurück.

Was nun die Thatsachen anlangt, auf welche der Verf. das Dasein des betreffenden Widerstandes in den Ganglienzellen begründet, so mag mir, bei nicht hinreichender Sachkenntniss in diesem Gebiete, die Frage erlaubt sein, ob sich nicht manche dieser Thatsachen durch eine Zerstreuung der Erregung vermöge der von den Ganglienzellen auslaufenden Verzweigungen, andre durch Umwege, welche der Gang der reflectorischen Thätigkeiten in den Centralorganen nehmen kann, erklären lassen, ohne dass ich mich doch zu einem bestimmtern Einwande aus diesem Gesichtspuncte berechtigt halte. Einen solchen Widerstand aber zugestanden, ist damit noch nichts weniger als die endliche Begrenzung des Irradiationsraumes zugestanden, welche ein Hauptmoment der Ansicht des Verf. bildet, sofern danach die Grösse der Empfindung gemessen werden soll. Vielmehr erscheint die Voraussetzung des Verf., dass die Intensität y durch jede Zelle in Verhältniss der noch vorhandenen Grösse geschwächt werde, von vorn herein in Widerspruch damit, sofern sie nach diesem Gesetze bis ins Unendliche, nur immer schwächer werdend, sich forterstrecken müsste. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, zieht der Verf. die Thatsache der Schwelle, als erfahrungsmässig begründet, so zu sagen äusserlich hinzu, indem er (I. 391) die Schwelle definirt »als denjenigen Werth der Erregung, welcher weder im Stande ist in das empfin-

dende Centrum [Gehirn] einzudringen, noch in demselben sich fortzupflanzen,« und (I. 393) die Thatsache derselben durch die Analogie zugleich zu erläutern und in gewisser Weise zu begründen sucht, dass ja auch ein Körper, der sich nach erfolgtem Stosse mit Reibung auf einer Ebene bewegt, wenn seine Geschwindigkeit durch fortgehende Verlangsamung auf einen kleinen, den Schwellenwerth vertretenden, Werth herabgekommen ist, in Wirklichkeit »momentan oder ausserordentlich schnell« zur Ruhe komme, ungeachtet er nach der theoretischen Voraussetzung, dass der Widerstand proportional der Geschwindigkeit sei, mit nur immer abnehmender Geschwindigkeit ins Unbestimmte fortgehen sollte; wie er denn auch zum Beginne seiner Bewegung erst einer gewissen endlichen Geschwindigkeit bedürfe, und so lange der Stoss diese nicht zu erzeugen vermöge, unbewegt bleibe.

Inzwischen scheint mir diese Analogie vielmehr gegen als für den Verf. zu sprechen. Wenn ich nicht irre, verhält es sich mit dem geltend gemachten Beispiele so.

Jeder Stoss, der auf den Körper von Anfange herein geübt wird, ohne noch stark genug zu sein, ihn zum Gleiten auf der Ebene zu bringen, wird doch nicht wirkungslos auf ihn sein, sondern Schwingungen seiner Theilchen hervorrufen*), bis die Stosswirkung eine solche Grösse erreicht, um die Theilchen des Körpers, welche auf der Ebene aufliegen, über die nächst vorliegenden der Ebene hinauszuführen, sonst erschöpft sich die Kraft des Stosses in Erzeugung der Schwingungen; und eben so wird das Ende des Gleitens davon abhängen, dass die Geschwindigkeit des Gleitens der Theilchen des Körpers durch die fortgehende theilweise Umsetzung in schwingende Bewegung, welche beim Reiben stattfindet, endlich nicht mehr hinreicht, jene Ueberschreitung zu bewirken. Wäre nun die Fortpflanzung der Erregung im Gehirne mit dem Gleiten des Körpers auf der Ebene vergleichbar, so könnte man ja wohl diejenige endliche Geschwindigkeit der Theilchen des Körpers, unterhalb deren jene Ueberschreitung nicht mehr stattfinden kann, als Schwellenwerth der Gleitungsgeschwindigkeit nehmen und davon Anwendung auf die Fortpflanzung der Erregung im Gehirn machen. Da aber Bernstein selbst diese

*) Bekanntlich entsteht Wärme, d. i. ein Schwingungsprocess der Theilchen, durch jeden Stoss.

Fortpflanzung als Fortpflanzung eines Schwingungsprocesses fasst, so scheint mir jede Analogie zu fehlen, welche darauf hinwiese, dass ein solcher Process mit einem endlichen Werthe seiner lebendigen Kraft an irgend einem Puncte des Raumes, d. h. an dem daselbst befindlichen, materiellen Puncte abbrechen könne, ohne dass etwas davon auf das nächste Theilchen überginge. Der Verf. spricht freilich vom Erlöschen der lebendigen Kraft durch Uebergang in Spannkraft; aber ich wüsste doch nicht, dass man bei Fortpflanzung von Schwingungen von einem solchen Erlöschen im Sinne des Verf. spräche. Denn wenn eine Schallwelle in ihrer Fortpflanzung durch Reibung der Lufttheilchen gehemmt wird, kann diess meines Erachtens wie bei jeder Reibung nur durch Umsetzung grösserer Luftschwingungen in kleinere Wärmeschwingungen erfolgen, die sich schon im ganzen Laufe der Fortpflanzung geltend macht, und kein Ende, sondern nur eine ins Unbestimmte fortgehende (asymptotische) Abschwächung der Schwingungen, auf welchen der Schall beruht, mitführen kann, so dass sie endlich bis unter die Schwelle der Wahrnehmbarkeit des Schalls geht, welche aber mit der Schwelle des Verf. nichts zu schaffen hat. Inzwischen gebe ich mögliche Zweifel gegen die Zulänglichkeit dieser Auffassung des Vorganges zu.

Lässt man die Ansicht des Verf. von einem begrenzten Irradiationsraum fallen, hält aber die Annahme von der Proportionalität des Widerstandes gegen die Fortschreitung der Erregung mit der Erregung selbst fest, so kann man allerdings die Formel (3), in welche erstre Annahme noch nicht eingeht, benutzen, eine Formel für die Beziehung abzuleiten zwischen dem ursprünglichen Reize β, der Intensität der Erregung y in der Entfernung r vom Eintritt des Reizes in das Gehirn, und dem, linear, kreisförmig oder sphärisch gedachten, in einer gegebenen Dichtigkeit α erfüllten, Ausdehnungsraum S_y, der bis zur Entfernung r reicht, eine Formel, welche durch ihre Analogie mit unsrer Massformel der Empfindung von Interesse ist, nur für die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung nichts mehr bedeutet. Man findet nämlich so

$$\alpha S_y = \frac{1}{k} \log.\text{nat.} \frac{\beta}{y}$$

und, wenn e die Grundzahl der natürl. Logar. ist,

$$y = \beta e^{-\alpha k S_y}$$

wonach bei Wachsthum des Reizes β die Erregung an jenem Puncte dem Reize proportional wächst.

Noch möchte ich eine Bemerkung in Betreff folgender Aeusserungen des Verf. (II. 177) machen, womit er seine Ansicht gewissermassen zu vertiefen sucht.

»Wir vindiciren die Eigenschaft, die lebendige Kraft der Reizwelle zu vernichten, zunächst dem uns bekannten centralen Elemente der Ganglienzelle und behaupten, dass eben in dieser Eigenschaft, die lebendige Kraft der Reizwelle zu vernichten, das Wesen der Empfindung enthalten sei. Würde die Erregung die Ganglienzelle passiren, wie sie die Nervenfaser passirt, ohne an Intensität einzubüssen, so würde auch keine Empfindung zu Stande kommen. Erst der der Erregung entgegengesetzte Widerstand ruft die Erscheinung der Empfindung hervor. Daraus wird es denn auch klar werden, dass wir die Grösse der Empfindung nach der Anzahl der Ganglienkugeln abschätzen, deren Zusammenwirken nothwendig war, um die lebendige Kraft einer Erregung zu vernichten.« (Vergl. auch II. 202.)

Nun mag es in Fällen, wo wie hier die Verminderung der Erregung an jedem Puncte der Erregung selbst proportional geht, gleichgültig sein, die Empfindung functionell von der Verminderung oder dem Bestehen der lebendigen Kraft der Erregung abhängig zu machen; nur wüsste ich nicht, was der Behauptung des Verf. im ersten Sinne vor der Annahme im zweiten Sinne den Vorzug sicherte, da es mir vielmehr allgemein gesprochen vorzuziehen scheint, eine positive Empfindung von einem positiven Vorgange als von einer Schwächung desselben abhängig zu denken, und ich kenne bisher keinen Grund in den Erfahrungen, der Erstres zu thun verwehrte.

XVI. Zusammenstellung der bisherigen, insbesondere neuern, Versuchsresultate bezüglich des Weberschen Gesetzes.

Wenn sich die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes und der daraus abgeleiteten Gesetze für ein gewisses Bereich psychophysischer Verhältnisse vertreten lässt, so folgt daraus doch nicht die Gültigkeit desselben für das ganze Bereich der Verhältnisse, welche von der Psychophysik ins Auge zu fassen sind; und es kann ja sein, dass ich in den Elementen zu weit gehende Erwartungen in dieser Hinsicht gehegt habe. Jedes Gebiet will besonders in dieser Beziehung untersucht sein; und natürlich können für wesentlich verschiedene Verhältnisse auch wesentlich verschiedene Gesetze gelten. Ueberblicken wir nun, was bis jetzt experimentalerseits zur Beurtheilung in dieser Hinsicht bezüglich des Weberschen Gesetzes vorliegt; nicht vergessend, dass nicht jede experimentale Abweichung davon gegen eine fundamentale Gültigkeit desselben, d. h. Gültigkeit für die innere Psychophysik, spricht; nur dass wir solche um so wahrscheinlicher finden werden, je approximativer, in je weiteren Grenzen, und je entschiedener in mittlern Grenzen des Sinnengebrauches, sich das Gesetz bestätigt. Von einigen der wichtigern experimentalen Untersuchungen, die eine eingehendere Discussion in Anspruch nehmen, werde ich hier nur kurz das Resultat anführen, um in folgenden Abschnitten darauf zurückzukommen; bezüglich mancher wird das hier Anzuführende genügen.

Schon früher haben Hering (p. 23 ff.) und Langer (p. 82 ff.) einen flüchtigen Ueberblick in derselben Absicht gegeben, die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes an die bisher vorliegenden Erfahrungen zu halten. Und hienach könnte von einer experimentalen Bestätigung desselben, ausser etwa im Gebiete der Schallstärke durch die bisher nicht controlirten Versuche Volkmanns, und im Gebiete des Augenmasses durch Volkmanns und meine Versuche, nicht eigentlich die Rede sein. Fände nun wirklich eine Bestätigung auch nur in diesen Gebieten statt, so würde sie schon etwas bedeuten, gegnerischen Theorien Schwierigkeiten bereiten und die Tragweite verkümmern. Die Sachlage dürfte sich aber nach genauerm Zusehen überhaupt anders darstellen, als sie von den Gegnern dargestellt worden ist. Man muss nur eben nicht das Unmögliche verlangen, d. i. eine reine Bestätigung des

Weberschen Gesetzes den Gründen experimentaler Abweichung gegenüber, eine Unmöglichkeit, der auch kein von den Gegnern dagegen aufzustellendes Gesetz zu genügen vermöchte.

Als allgemeinstes Resultat finde ich, dass, insoweit es sich um Unterscheidung von blossen Reizintensitäten ohne Aenderung von Farbe oder Tonhöhe oder allgemeiner von Qualität der Empfindung handelt, das Gesetz im Gebiete des Lichtes, Schalles, Geschmackes, der Gewichte approximative Bewährungen aufweisen kann, welche die Wahrscheinlichkeit seiner fundamentalen Gültigkeit begründen; wogegen die Unterscheidung von Farbennüancen und Tonhöhen ohne Rücksicht auf Intensität sich dem Gesetze entzieht. — Weiter, dass im Gebiete der extensiven Empfindungen approximative Bewährungen des Gesetzes für das Augenmass, und selbst bis in die Zeitschätzung hinein vorliegen, für erstres jedoch wahrscheinlich nur in sofern, als es auf einem Bewegungsgefühl der Augenmuskeln beruht, indess eine directe Schätzung von Raumgrössen, sei es mit Netzhaut oder Haut, nicht dem Gesetze folgt. — Endlich, dass noch zweifelhaft ist, ob nicht doch die, von Schwingungszahl und Schwingungsweite zugleich abhängige Gesammtstärke des Toneindruckes, so wie, ob nicht die Gesammterscheinung des Gesichtsfeldes dem Weberschen Gesetze folge.

Im Allgemeinen werde ich folgends den relativen eben merklichen Unterschied, d. i. den Zuwachs zu einem Reize, der noch eben merklich oder eben zum Verschwinden für die Wahrnehmung gebracht ist, dividirt durch die absolute Grösse des Reizes, zu welchem der Zuwachs stattfindet, mit ε bezeichnen.

1) Lichtstärke (ohne Farbenänderung).

Die zahlreichsten Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes überhaupt liegen jedenfalls im Gebiete der Lichtempfindung vor. Auf die, in meinen Elementen I. 139 ff., angeführten Versuche von Bouguer, Arago, Masson, Steinheil, Volkmann, mir selbst und auf die Resultate der Sterngrössenschätzungen (das. 158) will ich hier nur mit der allgemeinen Bemerkung zurückkommen, dass aus allen diesen Versuchen und Beobachtungen eine, von mehrern Seiten freilich zu unbedingt ausgesprochene, jedenfalls approximative, Gültigkeit des Weberschen Gesetzes in mehr oder weniger weiten Grenzen folgt; indess schon

von mir selbst anerkannt worden ist, dass es allerdings experimentale Grenzen der Gültigkeit giebt. Mag man nun auch die neuern Versuche von Helmholtz und Aubert für genauer ansehen, als alle vorgängigen, so können sie doch das übereinstimmende Resultat aller frühern nicht aufheben, sondern nur in so weit modificiren, dass sie die Approximation nicht als so weit gehend erscheinen lassen, als es nach jenen schien; aber es wäre ja gar nicht möglich gewesen, das Gesetz sogar ohne Beschränkung auszusprechen, wie es zum Theil geschehen, wäre die Abweichung davon in den eingehaltenen Grenzen eine grobe gewesen. Auch mögen sich verschiedene Augen in dieser Beziehung verschieden verhalten; und da Uebung in jedem Gebiete beiträgt, Unterschiede leichter erkennen zu lassen, so darf es von vorn herein nicht zu sehr befremden, dass die in Lichtversuchen so geübten und in consequenter Verfolgung von solchen beschäftigten Augen von Helmholtz und Aubert feinere Unterschiede erkannt haben, als die Augen andrer Beobachter, welche nur gelegentlich auf Beobachtungen in diesem Gebiete eingegangen sind.*) Aber sehen wir uns die hier einschlagenden Resultate der Helmholtzschen und Aubertschen Beobachtungen und Versuche noch etwas näher an.

Helmholtz selbst (p. 312 ff.) hat sich durch Thatsachen der täglichen Erfahrung, insbesondere dadurch, dass Kupferstiche bei verschieden heller Beleuchtung (wenn sie nur nicht über gewisse Grenzen hinaus abgeändert wird), noch ziemlich denselben Eindruck machen, veranlasst gefunden, den approximativen Charakter des Gesetzes zuzugestehen. Wenn er aber doch bei genauern Versuchen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede mittelst vortheilhaft abgeänderten Principes der Massonschen Scheibe

*) Dobrowolsky bemerkt bei Gelegenheit seiner Versuche über die relative Unterschiedsempfindlichkeit für abgeänderte Intensität von Spectralfarben (Beitr. z. physiolog. Optik p. 87): »Bei Beginn meiner Untersuchungen war die Empfindlichkeit meiner Augen gegen alle Spectralfarben eine viel geringere, als bei Abschluss derselben; bei Beginn der Untersuchungen betrug meine [relative] Empfindlichkeit gegen Roth in Linie $B = \frac{1}{12,5}$ und gegen Blau etwa $\frac{1}{180}$, während bei Abschluss der Untersuchungen sich die Werthe $\frac{1}{29,7}$ und $\frac{1}{268}$ ergaben.

den eben merklichen relativen Lichtunterschied ε, der nach Weberschem Gesetze bei verschiedener absoluter Intensität der Beleuchtung sich gleich bleiben sollte, nach Massgabe dieser Beleuchtung (innerhalb nicht bestimmt gemessener Grenzen derselben), zwischen $\frac{1}{117}$, $\frac{1}{133}$, $\frac{1}{150}$, $\frac{1}{167}$ variirend fand, so liegt darin kein ganz richtiger Massstab der wirklichen Variation, sofern nach den eigenen Angaben von Helmholtz die betreffenden Unterschiede nicht mit gleicher Leichtigkeit und Deutlichkeit wahrgenommen sind, und namentlich kann der »nur auf Augenblicke« spürbare Unterschied $\frac{1}{167}$ nicht mit den andern vergleichbar gehalten werden.

Die Versuche Auberts, nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, theils mit Schatten, theils gedrehten Scheiben angestellt, und durch eine sehr grosse Scala von Lichtintensitäten bis zu den kleinsten herab reichend, mögen bei oberflächlicher Betrachtung der sehr starken Abweichungen, die sie nach Oben und noch mehr nach Unten vom Gesetze zeigen, insbesondere aber nach der Weise, wie sie von Aubert vorgeführt und gegen das Gesetz geltend gemacht werden, sehr stricte gegen dasselbe zu sprechen scheinen, werden daher auch von Gegnern vorzugsweise dagegen ins Feld geführt. Aber zuvörderst können sie doch, wie schon bemerkt, die factischen Beweise der Approximation, die in allen früheren Versuchen, in den Sterngrössenschätzungen und der Erscheinung der Kupferstiche liegen, nicht ungültig machen. Zweitens habe ich in einer Discussion der Aubertschen Versuche, die in den Berichten der sächs. Soc. 1864 enthalten ist, nachgewiesen und schon früher S. 17 davon Erwähnung gethan, dass selbst bei den Aubertschen Versuchen in einem, die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches weit übersteigenden, Intervall, während nämlich die Lichtintensität vom Einfachen aufs 96,67 fache, also fast aufs 100 fache stieg*), der noch eben merkliche relative Reizunterschied ε sich blos im Verhältniss von 1 : 1,8, also nicht bis aufs Doppelte, änderte.

---

*) Hiebei war die geringste Lichtintensität in diesem Intervall $\frac{1}{6{,}79}$ derjenigen, bei der wir Abends zu lesen pflegen, die höchste die, welche eine gedrehte Scheibe mit 250° Weiss und 110° Schwarz im Sonnenschein giebt.

Dabei ist freilich zuzugestehen, dass diese Approximation sich erheblich geringer ausnimmt, wenn man die Resultate auf jeder Seite des Minimum von ε für sich nimmt. Denn schon, wenn man von der Intensität 1 bis ungefähr zum 17fachen aufsteigt, ändert sich ε ungefähr in jenem Verhältniss 1 : 1,8, wie in entgegengesetztem Sinne um eine ungefähr gleiche Grösse, wenn man die 17fache Intensität noch auf das 5- bis 6fache steigert; aber es bleibt darum nicht minder Thatsache, dass bei Steigerung der Intensität ungefähr im Verhältniss von 1 : 97 in einem Intervall, welches die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches einschliesst, der Werth ε nur im Verhältniss von 1 : 1,8 steigt und wieder sinkt. Ist diess nun auch keine absolute Constanz, wie sie zur Strenge des Weberschen Gesetzes gefordert wäre, so ist es doch in Verhältniss zu der grossen Aenderung der Lichtintensitäten, wofür sie besteht, als eine beträchtliche Annäherung an die Constanz zu fassen, indess es eine enorme Abweichung von der Proportionalität des Empfindungszuwachses mit dem Reizzuwachse wäre.

Freilich würden Auberts Versuchsresultate, wie sie vorliegen, nicht gestatten, die untere Abweichung im Gebiete des Lichtsinnes blos vom Dasein der schwachen inneren Erregung, welche durch die Helligkeit des Augenschwarz repräsentirt wird (als Zuwachs zur äusseren Helligkeit) abzuleiten, wie ich schon in der Abhandlung gegen Aubert ausdrücklich zugestanden habe. Denn dazu müsste der Lichtwerth des Augenschwarz als eine viel zu grosse und je nach den Reizgraden sehr stark veränderliche Grösse in die Rechnung eingeführt werden. Aber erstens reicht unsere Kenntniss von den innern Bedingungen des psychophysischen Systems nicht hin, zu versichern, dass nicht noch andre Gründe an der unteren Abweichung betheiligt sein können, zweitens muss der, von Aubert selbst anerkannte, Helligkeitsgrad des Augenschwarz wenigstens mit Antheil haben. Drittens kann ich nicht umhin, nach neuer Einsicht in Auberts Versuche, es bedenklich zu finden, dass nach p. 55 und 80 (mit Rücksicht auf p. 74) zu schliessen, seine Versuche im Allgemeinen einseitig so angestellt sind, dass bei constant gehaltener hellerer Lichtquelle nur die dunklere bis zum Verschwinden der Helligkeitsdifferenz zwischen Schatten und Grund abgeändert wurde, mithin die hellere Componente stets als Vergleichsobject für die dunklere, nicht auch

umgekehrt, auftrat, wo der constante Fehler, den ich in den Elementen II. 140 als von der Herstellungsweise abhängig bezeichnet habe, schwerlich hat vermieden werden können. Ferner lässt die Angabe (p. 55), »dass das entferntere Licht so lange allmälig und mit öfterem Anhalte verschoben wurde, bis der Schatten an der Grenze der Wahrnehmbarkeit war«, nicht schliessen, dass eben so oft von einer zu kleinen als zu grossen Entfernung des entfernten Lichts bis zu dieser Grenze gelangt wurde*), und finde ich nicht angeführt, dass die Versuche methodisch eben so oft mit den Intensitäten aufsteigend als absteigend angestellt sind; in Beidem aber können wiederum Ursachen constanter Fehler gesucht werden. Wenn ich nun bei diesen, an sich schwer vergleichbar zu haltenden, Versuchen gar keine Vorsicht wegen Vermeidung constanter Fehler getroffen, wenigstens gar nichts davon gesagt finde, nachdem ich mich durch meine Gewichts-, Augenmass- und Tastversuche überzeugt habe, welch' grosse Rolle sie bei Versuchen dieser Art spielen, nachdem durch Delboeufs in der Anmerk. erwähnte und durch Vierordts später zu erwähnende Versuche sich das Vorkommen derselben auch im Gebiete der Lichtempfindung und Zeitempfindung erwiesen hat, kurz unstreitig allen Gebieten gemeinsam ist: so weiss ich trotz aller Anerkennung, die ich den Aubertschen Versuchen wegen ihrer Sorgfalt und Umsicht nach andern Beziehungen zolle, nicht, wesshalb ich ihnen noch hinreichendes Zutrauen in Betreff des Wegfalls constanter Fehler schenken sollte.

Man kann einwenden, dass Seitens andrer Beobachter, auf deren Versuche ich mich betreffs der Bestätigung des Weberschen Gesetzes im Lichtgebiete doch selbst berufe, insgemein eben so wenig Bedacht auf die Vermeidung constanter Fehler genommen ist. Es ist wahr; und wäre solcher genommen, so möchten sie wohl noch besser zum Gesetze stimmen. Aber alle diese anderweiten Versuche gehen nicht so tief mit den Intensitäten herab, als Auberts Versuche; und es ist natürlich, dass von den Ver-

*) Delboeuf hat in den Versuchsreihen zur Bestimmung seines c (in Ét. p. 73 und 88) zwei Columnen gegeben, in deren einer er von zu grosser, in der andern von zu kleiner Helligkeit auf den rechten Punct des Verschwindens eines Unterschiedes kommt, um daraus das Mittel zu ziehen. Die Zahlen der einen Columne unterscheiden sich um einen erheblichen Werth in fast constanter Richtung von denen der andern.

suchsumständen abhängige constante Fehler, in so weit sie nicht selbst den Intensitäten proportional sich ändern, einen um so grössern Einfluss bei Prüfung des Weberschen Gesetzes gewinnen müssen, je kleiner die Intensitäten sind. Also meine ich, dass Auberts Versuche bezüglich niedrer Intensitäten überhaupt für die Frage der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes ausser Acht fallen, indess sich für höhere die angegebene Approximation findet. Ja es möchten Versuche bei so niedern Intensitäten, dass der Lichtwerth des Augenschwarz nicht mehr vernachlässigt werden kann, überhaupt zur Prüfung des Gesetzes kaum brauchbar herzustellen sein, weil der veränderliche Einfluss der Adaption, von dem ich leugne, dass er bei höheren Intensitäten in erheblichen Betracht kommt (S. 48), dann allerdings nicht mehr vernachlässigt werden, eben so wenig aber wegen seiner Veränderlichkeit eine Berechnung des Zuwachses, den die Helligkeit des Augenschwarz gewährt, gestatten kann. Sollte er sich aber eliminiren lassen, so möchte es nur durch ordnungsmässige Combination von aufsteigend und absteigend mit den Intensitäten angestellten Versuchen geschehen können.

Eine wirklich methodisch durchgeführte, auf möglichste Elimination constanter Fehler berechnete, Versuchsreihe, wie ich solche bezüglich der Gewichts- und Tastempfindlichkeit angestellt habe, liegt überhaupt in Lichtversuchen noch gar nicht vor; und ich muss nur immer darauf zurückkommen, dass, wenn sich trotz dieser Mangelhaftigkeit der Versuche eine bedeutende Approximation an das Webersche Gesetz bei nicht zu niederen Intensitäten ergeben hat, aus der Mangelhaftigkeit der Versuche eben nur eine Mangelhaftigkeit der Bewährung, nicht des Gesetzes, zu folgern ist.

Hiezu noch folgende Bemerkung. Die Schattenversuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes sind natürlicherweise so angestellt, dass die dunklere Fläche (der Schatten) in einer sie umgebenden grösseren hellen zum Verschwinden gebracht wird, die Versuche mit der Massonschen Scheibe, von Masson selbst und von Helmholtz (p. 314) entsprechend, von Aubert (p. 74) umgekehrt, kurz überall in einseitiger Richtung, so, dass entweder die kleinere dunklere Fläche in einer grössern hellen oder umgekehrt eine kleinere helle Fläche in einer grössern dunkleren verschwindet oder dem Verschwinden nahe kommt. Kann nicht auch von dieser einseitigen Richtung des Versuches ein constanter Fehler abhängen, der durch Versuche in entgegengesetzter Richtung unter Gleichhaltung der übrigen Umstände zu compensiren wäre? Jedenfalls gälte es, die Frage vielmehr durch Versuche als durch Voraussetzung zu entscheiden. Bei dem Plateauschen Verfahren (S. 22) fällt der Anlass zu einem

solchen Fehler weg. Freilich lässt sich der Versuch mit der Massonschen Scheibe nicht einfach so umkehren, dass man einmal ein schwarzes Sectorstück auf weisser Scheibe, ein andresmal ein weisses Sectorstück von gleicher Winkelbreite auf schwarzer Scheibe anbrächte, weil letztenfalls das innere Augenlicht nicht mehr eben so wie erstenfalls gegen die objective Helligkeit der schwarzen Scheibe vernachlässigt werden könnte; indess böte Auberts Abänderung der Massonschen Scheibe das Mittel, den hellen Kranz nicht gegen Schwarz, sondern gegen einen nur minder hellen Grund sich abheben und darin verschwinden oder dem Verschwinden nahe kommen zu lassen.

Der Verdacht, dass bei Auberts Versuchen überhaupt nicht eliminirte Fehlerquellen der angegebenen Art ins Spiel gekommen sind, gewinnt eine beträchtliche Verstärkung dadurch, dass bei den (nicht so tief als die Aubertschen Versuche herabgehenden) Versuchen Delboeufs (Ét. p. 54 bis 65), welche nach einem ganz andern, dem Plateauschen, Verfahren angestellt sind, also, wenn auch ihrerseits nicht ganz einwurfsfrei, doch nicht Fehlerquellen von gleicher Richtung voraussetzen lassen, das Webersche Gesetz sich mit erwünschtester Approximation bestätigt, wenn man die Helligkeit des Augenschwarz mit einem sehr kleinen Werthe dabei zu dem äussern Lichtreize gefügt denkt, mit einem Werthe, der sogar kleiner ist, als man nach der Rolle, die man dem Augenschwarz nach andern Erfahrungen beilegen möchte, erwarten kann. Dass diese Versuche überhaupt als eine sehr willkommene Bestätigung des Weberschen Gesetzes gelten können, ist schon früher bemerkt, und es wird von den Gegnern nicht unterlassen werden können, darauf Rücksicht zu nehmen, wollen sie anders nicht ihrerseits sich einer Art constanten Fehlers dadurch schuldig machen, dass sie immer blos einseitig berücksichtigen, was gegen das Gesetz zu sprechen scheint. Im 17. Abschn. wird man diese Versuche eingehend besprochen finden. Wenn aber Delboeuf selbst in s. Étude seine Versuche noch als gegen das Webersche Gesetz sprechend geltend machen konnte, so ist hierüber S. 27 f. genug gesagt.

Einige Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes nach der bekannten Schattenmethode sind im Zusammenhange einer in der Hauptsache einen andern Zweck verfolgenden Untersuchung neuerdings auch von Camerer*) angestellt worden. Sie ergaben zwar für Camerers eigene farbenblinde Augen (folgends mit *C*

*) Klin. Mon.Bl. f. Augenheilk. 1877. Febr.

bezeichnet) keine Bestätigung des Gesetzes, hiegegen für die normalen Augen zweier Mitbeobachter (O und P) ein sehr approximatives Zutreffen.

Das Verfahren selbst dieses: »Zwei gleich helle, an verschiedenen Orten aufgestellte, Kerzen werfen von einem Stab zwei Schatten auf eine weisse Wand. Die eine, nähere Kerze erhält einen bestimmten Abstand $= l$ von der Wand, die andere (entferntere) Kerze wird so lange verrückt, bis der hellere der beiden Schatten eben unmerklich wird.« Sei nun l' der Abstand der entferntern Kerze für diesen Fall, so ist die Helligkeit, welche jede Kerze für sich an der Tafel erzeugt, respective durch $\frac{1}{l^2}$ und $\frac{1}{l'^2}$ gemessen, und der relative eben merkliche Unterschied ε durch $\frac{l^2}{l'^2}$ gegeben; wofür sich folgende Werthe bei folgenden Werthen von l (in Centim.) fanden:

l	O	P	C
30	$\frac{1}{116}$	$\frac{1}{93}$	$\frac{1}{108}$
50	$\frac{1}{116}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{86}$
70	$\frac{1}{123}$	$\frac{1}{86}$	$\frac{1}{74}$

Die den drei Werthen von l entsprechenden Intensitäten verhielten sich als durch $\frac{1}{l^2}$ gemessen, wie 1225 : 441 : 225, variirten also vom 1 fachen bis über das 5 fache, wobei, wie man sieht, für O und P, aber nicht für C, die Werthe ε sich nahe gleich blieben.

Alle bisher angestellten Versuche sind mit farblosem Lichte angestellt. Versuche mit abgeänderter Intensität farbigen Lichtes (ohne Aenderung des Farbentons) lagen früher vor Seiten Massons (Elemente I. 154), unter Anwendung seiner Drehscheibe (weisse Scheibe mit schwarzem Sectorstück, beleuchtet durch farbiges Licht mittelst Vorhaltung farbiger Gläser), wonach sich farbiges Licht ziemlich wie weisses Licht verhält, und z. B. ε sich eben so gleich $\frac{1}{100}$ fand, wenn die Scheibe mit rothem Lichte, als wenn sie mit weissem Lichte beleuchtet war. Diese Versuche mit der Drehscheibe unter Anwendung der Helmholtzschen Abänderung der-

selben (Helmh. p. 314) sind später gelegentlich von Lamansky und Dobrowolsky*) wiederholt worden, wobei sich die Gleichheit von ε für weisse und farbige Beleuchtung (bei Betrachtung durch farbige Gläser) nicht allgemein bestätigte. Inzwischen verdienen unstreitig die Versuche mit reinen Spectralfarben, welche von Lamansky und Dobrowolsky angestellt worden sind, den Vorzug vor solchen mit Pigmentfarben, wie sich denn genannte Beobachter selbst über diesen Vorzug erklärt haben, und so beschränke ich mich auf die Resultate, die hiemit erhalten wurden.**)

Dazu galt es, zwei unmittelbar an einander grenzende Gesichtsfelder von demselben Farbenton herzustellen, mit geeigneter Vorrichtung, die Intensität des einen beliebig bis zur Erreichung des eben merklichen Unterschiedes zu verändern, was mittelst geeigneter Spectralapparate geschah. In der Hauptsache hatten die damit angestellten Versuche den Zweck, da sich bei weissem Lichte ein Minimum von ε, mithin Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, bei einer gewissen absoluten Intensität des Lichtes findet, zu untersuchen, ob dieses Minimum wirklich, wie es nach Masson scheinen möchte, für die verschiedenen Farben denselben, mit dem Werthe für weisses Licht übereinstimmenden, Werth habe; was sich auch bei den Spectralfarben nicht bestätigt fand, wie die unten anzuführenden Ergebnisse zeigen. In Betreff des allgemeinen Ergebnisses der Abänderung der Intensität aber ersieht man aus folgenden Angaben der Beobachter, dass farbiges Licht sich in Betreff der approximativen Constanz von ε innerhalb gewisser Grenzen und der Abweichungen nach unten und oben davon ähnlich wie weisses Licht verhält.

Lamansky (p. 129): »Für alle Farben nahm die [relative Unterschieds-] Empfindlichkeit mit der Zunahme des objectiven farbigen Lichtes zu. Ausserdem sehen wir, dass sie bei grösseren

*) Lamansky in Poggend. Ann. Bd. 143 oder Gräfe's Arch. f. Ophthalm. XVII. 1. — Dobrowolsky in s. Beitr. z. physiolog. Optik p. 74 ff.

**) Erwähnenswerth sind hiebei auch die interessanten Versuche, welche Camerer mit seinen farbenblinden Augen nach der Methode der mittleren Fehler an Spectralfarben angestellt und in den Klin. Mon.Bl. f. Augenheilkunde Febr. 1877 veröffentlicht hat. Sie haben, wie zu erwarten, von den obigen sehr abweichende Resultate gegeben, welche bei einem Studium der Farbenblindheit beachtet zu werden verdienen.

Breiten der Spalte [womit die absolute objective Helligkeit wuchs] etwas abgenommen hat; aber es ist eine ganz bekannte Thatsache, dass die Empfindlichkeit bei starker Beleuchtung kleiner wird.« Dass um das Minimum ε nahe mehr Constanz stattfindet, lehrt der Blick auf die Tabelle p. 130.

Dobrowolsky (p. 84): »Bei verstärkter Lichtintensität nahm die [relative Unterschieds-] Empfindlichkeit gegen alle Spectralfarben zu bis zu einer gewissen Grenze, an deren Nähe sie meist eine constante blieb. Ueber diese Grenze hinaus nahm bei zu grosser Lichtintensität die Empfindlichkeit für einige Farben ab, wohl in Folge der zu starken Blendung und Abstumpfung der Netzhaut.«

Die Specialresultate der genannten Beobachter über den Minimalwerth von ε für die verschiedenen Farben giebt folgende Einschaltung. In den absoluten Werthen weichen ihre Angaben sehr von einander ab, doch stimmen darin überein, dass der Minimalwerth von ε für die verschiedenen Farben sehr verschieden ist. Diess Resultat könnte darauf deuten, dass der Werth K in der Fundamentalformel für verschiedene Farben verschieden ist, könnte aber auch mit den Gründen experimentaler Abweichung vom Weberschen Gesetze, welche schon bei jeder Farbe für sich bestehen, zusammenhängen.

Lamansky giebt für den Minimalwerth von ε folgende Werthe:

Roth	Orange	Gelb	Grün	Blau	Violet
$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{212}$	$\frac{1}{109}$

Dobrowolsky giebt die, unter Zuziehung von zwei Mitbeobachtern, Dr. Berthold und Dr. Garza, erhaltenen Minimalwerthe ε für folgende, durch die Fraunhoferschen Linien bezeichnete, Stellen des Spectrum, indess er (p. 88) für weisses Licht mittelst einer, nach Helmholtzschem Princip abgeänderten, Massonschen Scheibe das Minimal-ε im Mittel von 10 Beobachtern $\frac{1}{150}$ $\left(\text{schwankend zwischen } \frac{1}{130} \text{ und } \frac{1}{165}\right)$, und bei sich selbst insbesondere $\frac{1}{165}$ fand.

Fraunhofersche Linien		Dobrowolsky	Berthold	Garza
Roth	A	$\frac{1}{14}$		
	B	$\frac{1}{19,76}$	$\frac{1}{15,9}$	$\frac{1}{11,7}$
	C	$\frac{1}{25,16}$		
Orange zw. *C* u. *D*		$\frac{1}{33,16}$		
Goldgelb *D*		$\frac{1}{45,77}$	$\frac{1}{40,86}$	
Grün zw. *D* u. *E*		$\frac{1}{58,77}$		
E		. . . . .	. . . . .	$\frac{1}{33,16}$
Blaugrün zw. *E* u. *b*		$\frac{1}{67,33}$		
Cyanblau *F*		$\frac{1}{131,6}$	. . . . .	$\frac{1}{58,7}$
Indig zw. *F* u. *G* näher an *G*		$\frac{1}{268}$	$\frac{1}{205,5}$	$\frac{1}{205,5}$
Violet zw. *G* u. *H*		$\frac{1}{268}$?		
Violet in *H*		$\left(\frac{1}{67,33}\right)$		

Bei Violet zwischen *G* und *H* findet es der Verf. zweifelhaft, ob das Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit schon erreicht war; bei Violet in *H* war es sicher nicht erreicht, wesshalb der dabei gefundene Werth von ε keine Bedeutung hat.

Eine sehr schöne, d. i. in weiten Grenzen sehr approximative, Bestätigung des Weberschen Gesetzes erhielt Dobrowolsky (Beitr. p. 92 ff.) für den Fall, dass der Unterschied eines, mit weissem Lichte in gegebenem Verhältniss gemischten, Spectralfarbenlichts von benachbartem reinen beobachtet wird. Soll das Webersche Gesetz bestehen, so muss das mit Weiss gemischte Farbenlicht von dem reinen Farbenlichte immer bei demselben Intensitätsverhältnisse beider ununterscheidbar werden, wie sich auch die absolute Intensität beider ändert, was sich in der That sehr approximativ so fand. Der Versuch liess z. B. bei Roth während einer Aenderung der absoluten Intensitäten von 1,0000 auf 0,0302 statt eines

gleichbleibenden Verhältnisses, wie es zur Genauigkeit des Gesetzes gefordert gewesen wäre, ein nur von 2,2335 auf 2,0303 geändertes Verhältniss finden. Näheres s. in folgender Einschaltung.

Es wird mittelst eines Spectralapparats ein möglichst helles Farbenspectrum erzeugt, und durch geeignete Vorrichtung ein weisser Lichtstreifen (erzeugt durch eine vor einem Spalt befindliche Petroleumlampe) auf eine bestimmte Stelle dieses Spectrums projicirt, dessen Licht sich also zu dem der Farbe an dieser Stelle addirt. Hienach werden Versuche wie folgt angestellt. 1) Während das Farbenlicht sein = 1 gesetztes Maximum der Helligkeit hat, wird die Intensität des weissen Streifens (durch Drehung eines von zwei Nicols) so lange abgeschwächt, bis der Streifen im farbigen Grunde erlischt. Sei ν das Verhältniss seiner Schwächung. 2) Das Farbenlicht wird jetzt im Verhältniss m abgeschwächt, wo der Streifen wieder sichtbar wird, nun aber dessen Licht wieder so lange abgeschwächt, bis er von neuem verschwindet. Sei das hiebei gefundene Verhältniss seiner Abschwächung (gegen die erste Maximumintensität gerechnet) n. 3) Entsprechend seien mittelst weiterer zu einander gehörigen Abschwächungen die zu einander gehörigen Werthe m', n', ferner m'', n'' u. s. f. gefunden; immer gegen die ursprüngliche Maximumintensität gerechnet. Soll nun das Webersche Gesetz gültig sein, so müssen die Verhältnisse $\frac{1}{\nu}$, $\frac{m}{n}$, $\frac{m'}{n'}$, $\frac{m''}{n''}$ etc., allgemein mit α zu bezeichnen, einander gleich gefunden werden, was in der That sehr annähernd der Fall war. Sei nämlich i die Intensität des Farbenlichtes, so fanden sich im Mittel von je 6 bis 10 Beob. für jeden Grad der Lichtintensität i folgende Werthe von α:

i	Roth	Grün	Violet
1,0000	2,2335	2,028	1,6841
0,8830	2,5155	2,3285	1,7842
0,5868	2,2338	2,3308	1,7999
0,2500	2,3061	1,9555	1,8462
0,1170	2,0954	2,0369	
0,0302	2,0303		

2) Schallstärke (ohne Aenderung von Tonhöhe).

Ueber die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf Schallstärken liegen bis jetzt nur die, nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellten, Versuche von Volkmann vor, deren in den Elem. I. 176 ff. gedacht ist. Vielleicht war die dabei angewandte Methode nicht fein und sicher genug, um nicht eine controlirende Wiederaufnahme der Versuche durch sichrere Methoden wünschenswerth erscheinen zu lassen, wo sich wahrscheinlich analoge Abweichungen von der Genauigkeit des

Gesetzes als im Gebiete der Lichtversuche zeigen würden, die bei jenen Versuchen nicht zu Tage treten; jedenfalls lassen sie eine mindestens eben so approximative Gültigkeit des Gesetzes als bei den Lichtversuchen stattfindet, voraussetzen*); und die, in den Elem. I. 183 bemerkte Thatsache, dass ein Chor von 400 Männerstimmen keinen bedeutend stärkern Eindruck macht, als von 200, stimmt ganz zu dem, aus dem Weberschen Gesetze folgenden, logarithmischen Massgesetze, welches eben so mitbringt, dass die physische Verdoppelung eines starken Lichts keine bedeutende Verstärkung der Lichtempfindung hervorruft.

Folgte die Unterscheidung der Schallstärken der einfachen statt relativen Verschiedenheit derselben, so sähe man keinen Grund, warum beim Fahren im Eisenbahnwagen oder in der Nähe eines brausenden Wasserfalls die Stimme verstärkt werden muss, um noch gleich gut vom Nachbar verstanden zu werden.

3) Geschmack.

Für die Geschmacksempfindung liegen bisher blos die Versuche von Keppler nach der Methode der richtigen und falschen Fälle in s. Inauguraldissertation: »Das Unterscheidungsvermögen des Geschmackssinnes für Concentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper« Bonn 1869 vor. Der Verf. selbst findet sie (p. 11) in Widerspruch mit dem Weberschen Gesetze, aber nach einer Benutzung der Versuchsdata, die ich nicht verstehe, ungeachtet meine, in den Elem. I. p. 108 gegebene, Fundamentaltabelle dieser Methode dabei zu Grunde liegen soll. Nachdem ich selbst die Versuchsdata in Rechnung genommen, finde ich Folgendes.

Die Versuche sind mit Lösungen von Kochsalz, basisch schwefelsaurem Chinin, Phosphorsäure und Glycerin angestellt, sind ihrer Natur nach schwierig und selbst für dieselbe Substanz schwer unter sich vergleichbar zu halten; auch lässt der Verf. wesentliche Angaben zur Beurtheilung davon fehlen. Jedoch enthalten die

*) Wenn Langer (p. 84) sagt: Aus der Fallhöhe einer Kugel, welche den Schall erzeugt, wie es bei den Volkmannschen Versuchen der Fall war, könne noch kein sicherer Schluss auf die durch den Fall erzeugte Schallintensität gezogen werden, so möchte ich fragen, warum nicht, es wäre denn, dass man mit Kugeln von sehr kleiner Masse und aus sehr grosser Höhe, wo der Luftwiderstand merklichen Eintrag thut, operirte.

Versuche für jede Substanz insbesondere einen Weg, zu untersuchen, ob sie gut genug unter sich stimmen, um zur Prüfung des Gesetzes verwendbar zu sein.*) Unterwerfe ich dieselben dieser Prüfung, so zeigen sich nur die Versuche mit Kochsalz probehaltig, die mit den andern Substanzen ganz unbrauchbar; die Versuche mit ersterem aber zum Weberschen Gesetze so gut stimmend, als man es nach der Schwierigkeit dieser Versuche nur immer erwarten kann; indess die Versuche mit den andern Substanzen eben so schlecht mit dem Weberschen Gesetze als in sich stimmen, aber freilich zur Prüfung des Gesetzes überhaupt nicht taugen.

Um die Definitivzahlen, auf die es ankommt, für die Kochsalzlösung anzuführen, so sollten nach Einrichtung und Princip der Versuche unter Zusammennehmen der Zahlen, die sich zum Resultate zusammennehmen lassen, folgende drei Zahlen $\sum\frac{r}{n}$ für folgende drei procentale Gehalte einer Hauptlösung (womit eine in bestimmtem Verhältniss schwächere Lösung, Vergleichslösung, verglichen ward) gleich sein, wenn das Webersche Gesetz besteht, wobei r die Zahl der richtigen Fälle, n die Totalzahl der Fälle bedeutet.

Procentaler Gehalt der Hauptlösung	1,13 %	3,2 %	5,43 %
$\sum\frac{r}{n}$	221,7	230,1	241,1

Diess ist nun freilich keine vollständige Uebereinstimmung der Werthe $\sum\frac{r}{n}$, aber eine weit grössere, als worauf sich nach der Sachlage der Versuche rechnen liess; und dabei sind noch fol-

*) Dieser Weg besteht kurz gesagt in Folgendem. Es lassen sich aus den, unter vier verschiedenen Lagenverhältnissen angestellten, Versuchen für jede Substanz drei Werthe berechnen, die ich in der Besprechung der Methode in den Elem. I. p. 114 mit h, p, q bezeichnet habe, und zwar geben die vier Lagen vier Gleichungen zur Bestimmung dieser Werthe her, so dass sich jeder dieser Werthe in doppelter Weise aus je zwei Gleichungen finden lässt. Wenn die Versuche als unter sich stimmend gelten sollen, so müssen h, p, q im Mittel der, zu einem Definitivergebniss zusammenzunehmenden, Versuche nahe übereinstimmende Werthe nach beiden Berechnungsweisen geben, oder p, q (als constante Fehler) sich überhaupt sehr klein dabei finden. Wo keins von beiden der Fall ist, sind die Versuche unbrauchbar, einen Schluss zu ziehen.

gende zwei Umstände zu berücksichtigen. Erstens der am stärksten abweichende Werth 241,1 hat eine geringere Zuverlässigkeit als die andern, weil er auf einer geringern Zahl von Beobachtungen ruht; zweitens, wenn, wie zu erwarten, die Zunge von Natur mit Salzflüssigkeit geschwängert ist, muss diess bei den Versuchen denselben Einfluss haben, als bei den Lichtversuchen das Dasein der natürlichen Helligkeit des Augenschwarz, d. h. ein schwaches Ansteigen der Werthe der relativen Unterschiedsempfindlichkeit von den kleinern zu grössern Concentrationsgraden mitführen.

Um über die Weise, wie obige Zahlen gewonnen wurden, nicht ganz im Unklaren zu lassen, bemerke ich noch Folgendes.

Die Versuche wurden bemerktermassen mit drei Hauptlösungen von verschiedenem Salzgehalt, respectiv 1,13 %, 3,2 % und 5,43 % angestellt, bei jeder derselben insbesondere aber vier Vergleichslösungen angewandt, welche bei einer wie der andern Hauptlösung um 2,5 %, um 5 %, um 7,5 %, um 10 % des Gehalts der Hauptlösung schwächer waren, und zwar wurde in vier verschiedenen Versuchslagen, wovon je zwei einander entgegengesetzt, untersucht, ob die stärkere Hauptlösung oder schwächere Vergleichslösung beim Versuch stärker zu schmecken schien, hienach die richtigen und falschen Fälle bestimmt. Auf eine nähere Beschreibung der, von vorn herein sehr misslich erscheinenden, Versuche kann ich hier nicht eingehen. Da die Versuche bei Weitem nicht zahlreich genug waren, um mit der Rechnung zu den einzelnen Vergleichslösungen herabzugehen, so sind erstens die Versuche mit der Vergleichslösung von 2,5 % des Gehalts der Hauptlösung ganz bei Seite gelassen, sofern sie wegen Schwäche dieser Differenz und mithin des Schwankens der $\frac{r}{n}$ um 50 % eine unverhältnissmässig grössere Anzahl von Versuchen gefordert hätten, um ein irgendwie zuverlässiges Resultat zu geben, obwohl ihre Zuziehung das Resultat nicht wesentlich ändern würde; zweitens sind die Zahlen $\frac{r}{n}$ für die andern drei Vergleichslösungen für sich zusammengezogen, was gestattet war, da sie bei allen drei Hauptlösungen denselben procentalen Differenzen entsprechen. So haben sie, im Mittel der vier Versuchslagen bestimmt, die obigen Zahlen $\sum\frac{r}{n}$ gegeben.

Die Summirung und Mittelziehung der Zahlen $\frac{r}{n}$ für die vier Versuchslagen ist nicht die genauestmögliche zur Compensation der von diesen Lagen abhängigen constanten Fehler; sondern genauer verfährt man, wenn man die Werthe t, welche den $\frac{r}{n}$ bei den verschiedenen Versuchslagen insbesondere (nach der Fundamentaltabelle in Elem. I. 108) zugehören, statt der $\frac{r}{n}$ sum-

mirt, wo man statt der obigen drei Werthe $\sum\frac{r}{n}$ respectiv folgende Werthe für Σt findet: 1,6794; 1,7455 und 1,9735, was doch wesentlich dasselbe Ergebniss ist.

4) Gewichte.

Bezüglich der Gewichtsversuche kann man, wie schon früher bemerkt, von vorn herein fragen, ob sie sich principiell unter dasselbe Gesetz mit Licht- und Schallversuchen fassen lassen. Die Schwere, durch welche die Gewichte wirken, wird ja sogar dem Lichte von Manchen polar entgegengesetzt. Auch finden sich die eigenthümlichen Unterschiede, dass, während ein durch den Lichtreiz ermüdetes Auge das Licht als schwächer empfindet, hingegen eine durch Lasten ermüdete Hand das Gewicht als schwerer empfindet, und dass man es, während Uebung nichts beiträgt ein Licht heller zu sehen, hingegen durch Uebung dahin bringen kann, ein Gewicht leichter zu finden. Inzwischen ist doch nach der Bemerkung S. 121 sehr möglich, dass der Gewichtsreiz nicht minder als der Licht- und Schallreiz durch Erweckung oder Verstärkung von Oscillationen in den Empfindungsnerven Einfluss auf die Empfindung gewinnt; und die eben bemerkten Unterschiede brauchen doch nicht nothwendig die Unterordnung unter unser Gesetz zu benachtheiligen. Zuletzt kann nur durch Erfahrung entschieden werden; und nach den Auseinandersetzungen im 18. Abschn. kann ich, trotz der entgegenstehenden Auffassung Herings, in seinen Versuchen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede nicht anders als in meinen früheren nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, womit die Heringschen im allgemeinen Gange ganz übereinstimmen, vielmehr nur überwiegende Gründe für als gegen die fundamentale Gültigkeit des Weberschen Gesetzes finden. In der That wird man im 18. Abschnitt sehen, wie die Heringschen Versuche nicht minder als die meinigen mittelst einer Correction des Gewichts durch einen constanten Zusatz, welchen ich durch Mitrücksicht auf das Armgewicht und etwa sonst mitwirkende Umstände für motivirt erachte, in eine überraschende Einstimmung mit dem Gesetze gebracht werden können, wenn man nur nicht bis zu gar zu kleinen Gewichten damit herabgeht, wo sich eine, bis jetzt überhaupt nicht erklärbare, Anomalie im allgemeinen Gange der Versuche zeigt, deren Ursach offenbar bei grössern Gewichten von der Wirkung derselben überwogen wird.

Ausser der, hiemit allerdings anzuerkennenden, untern experimentalen Abweichung vom Gesetze wird es unstreitig auch nicht an einer obern fehlen, die nach obiger Bemerkung die entgegengesetzte Richtung als in andern Gebieten haben könnte; doch liegen bestimmte Versuche nicht darüber vor.

5) Temperatur.

Im Gebiete der Temperaturempfindungen bieten die Versuche, welche ich selbst in Elem. I. 201 ff. bekannt gemacht habe, noch keine hinreichende Entscheidung dar. Ich selbst habe vorausgesetzt, dass als Temperaturreiz nicht die absolute Höhe der Temperatur, sondern die Differenz derselben von einer mittlern Temperatur anzusehen, und dass die eben merklichen Unterschiede im Verhältniss zu dieser Differenz ins Auge zu fassen sind, um an das Webersche Gesetz gehalten zu werden. Unter dieser Voraussetzung stimmen die, in Abth. II. der Tabelle*) auf S. 203 der Elem. verzeichneten, Rechnungswerthe gut genug mit den Beobachtungswerthen in einem Intervall von 19° bis 31° R. zusammen, wenn man als wachsende Reize die wachsenden Differenzen dieser Temperaturen von 14°,77 als dem Mittel zwischen Frostkälte und Blutwärme nimmt. Aber dieser Ausgang hat an sich etwas Willkührliches, in der Nähe der Frostkälte stimmt das Gesetz eben so wenig, als es unstreitig stimmen würde, wenn man die Versuche so weit über die Blutwärme steigerte, dass das Gefühl von Brennen einträte. Ich halte die Frage der Beziehung des Gesetzes zu diesen Empfindungen noch nicht für erledigt.

6) Aenderungen von Farbe oder Tonhöhe.

Alle unter 1) und 2) erwähnten Beobachtungen über Licht und Schall bezogen sich auf Aenderungen der, von der Amplitude a der Schwingungen abhängigen, Stärke des Reizes ohne Aenderung der Schwingungszahl n, indem auch in den Versuchen mit verschiedenen Farben doch bei jeder insbesondere nur die Helligkeit, nicht die Farbe abgeändert wurde; aber es fragt sich, ob das Webersche Gesetz sich eben so für Aenderungen von n als von a bestätigt.

---

*) Abth. I. ist wegen der fast verschwindenden Werthe überhaupt nicht zu Schlüssen brauchbar.

Schon in den Elem. I. 175 habe ich mit folgender Bemerkung zugestanden, dass es betreffs der Farbe nicht der Fall sei. »Bei der sonst gewöhnlich als gültig angesehenen Analogie zwischen Tonhöhen und Farben ist es ein beachtenswerther, aus dieser Analogie ganz heraustretender, Umstand, dass das Webersche Gesetz im Gebiete der Farben nicht eben so besteht, als im Gebiete der Tonhöhen, d. h. die gleich merklichen Unterschiede der Schwingungszahlen sind keineswegs den Schwingungszahlen der Farben proportional. In der That gewahrt das Auge an den Grenzen des Spectrum in Intervallen einer kleinen und selbst grossen Terz kaum eine Farbenänderung, indess in der Gegend des Gelb und Grün die merklichen Farbenübergänge sich so rasch folgen, dass sämmtliche Uebergangsstufen zwischen Gelb und Grün in das Intervall eines kleinen halben Tones zusammengedrängt sind.*) Uebrigens giebt es auch andre Puncte, in welchen die Analogie zwischen Tönen und Farben fehl schlägt.«

Neuere Versuche, deren Resultate in folgender Einschaltung mitgetheilt sind, geben zur Beurtheilung dieser Verhältnisse bestimmtere Data.

Ueber die Verschiedenheiten der Empfindlichkeit für relative Aenderungen der Farbentöne in den verschiedenen Theilen des Spectrum liegen schon frühere Versuche von Mandelstamm (Arch. f. Ophthalm. XIII. Abth. 2. p. 399) vor, welche mit den spätern von Dobrowolsky (Beitr. z. physiol. Optik no. III. p. 66 und V. p. 98) im allgemeinen Gange der Resultate gut stimmen, nur dass die von Dobrowolsky gefundenen Werthe ε im Allgemeinen fast um die Hälfte kleiner sind, als die von Mandelstamm. Die Versuche beider sind nach einem Vorschlage von Helmholtz mit einem Ophthalmometer angestellt, an dessen Construction aber Dobrowolsky noch manche gegen die von Mandelstamm gebrauchte Einrichtung vortheilhaft erscheinende Abänderungen vornahm, so dass seine Angaben als die genaueren von beiden gelten dürften.

Sei ε der Bruchtheil, der zum gegebenen Werthe der Wellenlänge (die in umgekehrtem Verhältniss zur Schwingungszahl n steht) hinzukommen muss, damit unser Auge den Unterschied in der Farbe, welche dieser Wellenlänge entspricht, wahrnehmen kann, so fanden sich nach den zwei Beobachtern für folgende, durch die Buchstaben der Fraunhoferschen Linien bezeichneten, Stellen des Spectrum folgende Werthe von ε **).

---

*) Helmholtz in den Ber. d. Berl. Akad. 1855 p. 757 ff.

**) Bei den Angaben von Mandelstamm in der Tabelle sind für ε bei D und zwischen D und E respectiv statt $\frac{1}{18,94}$ und $\frac{1}{204}$, welche M. selbst

	Mandelstamm	Dobrowolsky	
Roth B	.....	$\frac{1}{363}$	$= 0{,}00275$
Roth C	$\frac{1}{106{,}27}$	$\frac{1}{248{,}7}$	$= 0{,}00402$
Orange zw. C u. D	.....	$\frac{1}{331}$	$= 0{,}00302$
Goldgelb D	$\frac{1}{465}$	$\frac{1}{772}$	$= 0{,}001293$
Grün zw. D u. E	$\frac{1}{139{,}29}$	$\frac{1}{246}$	$= 0{,}00405$
Grün E	$\frac{1}{214}$	$\frac{1}{340}$	$= 0{,}00294$
Grünblau zw. E u. F	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{615}$	$= 0{,}001625$
Cyanblau F	$\frac{1}{409{,}34}$	$\frac{1}{740}$	$= 0{,}00135$
Indigblau G	$\frac{1}{270{,}27}$	$\frac{1}{429}$	$= 0{,}00233$
Violet zw. G u. H	.....	$\frac{1}{320}$	$= 0{,}00312$

Nach beiden Beobachtern finden sich also übereinstimmend zwei Maxima der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, respectiv im Goldgelb und im Cyanblau; und zwar ist für Goldgelb die relative Unterschiedsempfindlichkeit noch etwas grösser als für Cyanblau.

Die Werthe der Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien in Hunderttausendteln eines Mill. sind (nach Helmholtz p. 236)

für A	7617	E	5260
B	6878	F	4843
C	6564	G	4291
D	5888	H	3929

In Betreff der Angaben von Dobrowolsky in obiger Tabelle nach s. Versuchen p. 72 ist die Bemerkung wichtig, dass bei dem eben verschwindenden Unterschiede zwischen den Farbentönen an den beiden Grenzen des Spectrum noch ein Unterschied im Helligkeitseindruck bestand, welcher bei spätern Versuchen p. 98 so beseitigt wurde. Es wurde im Ausgange von einem noch merklichen Farbenunterschied die Helligkeit der hellern Farbe (bei Untersuchung des Roth das Orange, bei Untersuchung des Violet das Blau) so lange abgeschwächt, bis kein Helligkeitsunterschied mehr wahrnehmbar war, wo-

---

giebt, die später (wegen einiger Druckfehler) durch Dobrowolsky berichtigten Werthe $\frac{1}{106{,}27}$ und $\frac{1}{139{,}29}$ gesetzt.

mit der Farbenunterschied zugleich für das Auge verschwand. So fanden sich für die Farben an den Grenzen des Spectrum folgende, von den obigen sehr abweichende, Werthe ε, indess bei den übrigen Farben ein Helligkeitsunterschied bei verschwindendem Farbenunterschiede überhaupt nicht bemerkbar war*), also die obigen Zahlen dafür bestehen bleiben.

Roth *B*	$0{,}00868 = \frac{1}{115}$	Indigblau *G*	$0{,}00366 = \frac{1}{272{,}3}$
Roth *C*	$0{,}00599 = \frac{1}{166{,}9}$	Violet zw. *G* u. *H*	$0{,}00683 = \frac{1}{146}$

Was Mandelstamms Versuche anlangt, so geschah nach seiner Angabe (p. 400) die Drehung der beim Versuch gebrauchten Ophthalmometerplatten von der Lage an, wo kein Unterschied ihrer Färbung erscheint, so weit, »dass der erste Unterschied in Färbung der Platten« wahrnehmbar wurde. Unstreitig also fiel hiebei eben so wie bei den frühern Versuchen Dobrowolskys, deren Resultate oben mit denen von Mandelstamm in derselben Tabelle vereinigt sind, eine Rücksicht auf gleiche Helligkeit der verglichenen Farbentöne weg.

Inzwischen stellt sich die vermisste Analogie zwischen Farben und Tönen im betreffenden Puncte neuerdings dadurch wieder her, dass die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für die Empfindung von Tonhöhendifferenzen sich nach den neuern Versuchen von Preyer**) eben so wenig bestätigt, als für die Empfindung von Farbenunterschieden. Die bisherige Annahme betreffs der Gültigkeit des Gesetzes für Tonhöhen gründete sich wesentlich darauf, dass für das musikalische Gefühl ein Tonhöhenintervall gleich gross erscheint, wenn bei verschiedener absoluter Tonhöhe das Verhältniss der Schwingungszahlen sich gleich bleibt; aber bei kleinen Tonhöhedifferenzen, wie sie bei der Methode der eben merklichen Unterschiede in Betracht kommen, schlägt diess Gesetz nach Preyers Versuchen fehl, wonach man wohl vermuthen muss, das musikalische Gehör urtheile über die Tonintervalle vielmehr nach Verhältnissen der Wiederkehr oder Nichtwiederkehr von Obertönen, als nach Steigen und Fallen der Schwingungszahl.***)

---

*) Sofern der Helligkeitsunterschied hiebei schon unter der Schwelle sei konnte, würden allerdings diese Versuche für den mittlern Theil des Spectrums in Betreff der Helligkeit nicht völlig vergleichbar mit denen für di Grenzen des Spectrum sein.

**) »Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung von Preyer«, Jena, Duff 1876 p. 26 ff.

***) Man kann hiegegen eine Schwierigkeit erheben, die sich scheinb gegen die fundamentalsten Ansichten von Helmholtz in der Tonlehre erheb

Die Versuche Preyers sind nach der Methode der eben merklichen Unterschiede mit Tönen von Metallzungen unter Zuziehung einer Mehrzahl von Beobachtern angestellt und mit frühern Versuchen von Delezenne und Seebeck zusammengestellt, woraus folgende Resultate fliessen.

Seien $n_{,}$, n zwei Schwingungszahlen, deren Unterschied $n_{,}-n$ erkannt werden soll, d der absolute eben merkliche Unterschied $n_{,}-n$, und $\varepsilon = \frac{d}{n}$ der relative eben merkliche Unterschied, so hat man nach Preyer (p. 31. 32) unter den günstigsten Umständen

$n_{,}$	n	d	ε
120,209	119,791	0,418	$0{,}00349 = \frac{1}{286}$
440	439,636	0,364	$0{,}000827 = \frac{1}{1209}$
500,3	500	0,300	$0{,}000600 = \frac{1}{1666}$
1000,5	1000	0,500	$0{,}000500 = \frac{1}{2000}$

Wie man sieht, ändert sich ε, was nach Weberschem Gesetze für die verschiedenen Werthe von n constant bleiben sollte, ungeheuer; indess die absolute Unterschiedsempfindlichkeit, welche durch den reciproken Werth von d gemessen wird, in den vorigen Grenzen von n ohne Vergleich weniger variirt, jedoch ausserhalb dieser Grenzen nach des Verfassers Versuchen nach unten rasch, nach oben langsam abnimmt.

Nun ist freilich zu bedauern, dass die wichtige Stütze, welche das Webersche Gesetz durch den Ausspruch des musikalischen Gefühls im Gebiete der Tonhöhe bisher fand, durch Preyers Versuche wegfällt. Jedoch ist Dreies hier wie bei den Farbenempfindungen zu berücksichtigen.

Erstens sind Höhe und Stärke der Töne, Farbe und Helligkeit des Lichtes verschiedene Dinge, und so können auch für beide verschiedene Dinge verschiedene Gesetze gelten. Fällt das Gesetz für die einen, so fällt es damit noch nicht für die andern.

Zweitens. Die Bestätigungen des Weberschen Gesetzes für die Abhängigkeit der Stärke der Licht- und Schallempfindung von

---

lässt, dass nämlich selbst objectiv einfache Töne und solche von Stäben und Scheiben, welche nicht dieselben harmonischen Obertöne als die von Saiten und als die menschliche Stimme haben, doch für die Empfindung dieselben Melodien und Harmonien geben. Indess führt nach schon früher gelegentlich gemachter Bemerkung jeder objectiv einfache Ton, wie jeder Ton eines Stabes oder einer Scheibe (unter Berücksichtigung von Gliedern zweiter Ordnung im mathematischen Ausdruck) seine harmonischen Obertöne im Ohre mit.

der Schwingungsweite a sind im Allgemeinen bei Constanz der Schwingungszahl n gefunden. Es liesse sich denken, dass Bestätigungen des Gesetzes für die Abhängigkeit der Höhen- und Farbenempfindung von der Schwingungszahl n umgekehrt nur bei entsprechender Constanz der Schwingungsweite a zu finden wären, für welche Constanz die Preyerschen Versuche keine Gewähr bieten.

Inzwischen ist kaum auf diese Vermuthung Gewicht zu legen, denn die vergleichungsweise Stärke, mit der wir Töne anschlagen, scheint keinen deutlichen Einfluss auf die Empfindung ihres Höhenverhältnisses zu haben. Um so mehr verdient folgende Bemerkung in Rücksicht gezogen zu werden.

Drittens. Mit der Aenderung der Schwingungszahl n ändert sich Zweierlei. Einmal ändert sich damit die Zahl der Wiederholungen der Schwingungen in gegebener Zeit, kurz die Periode der Schwingung, wovon (unter Mitrücksicht auf Zusammensetzung der Perioden) die Empfindung der Höhe, des Klanges, der Farbe, kurz die qualitative Seite der Empfindung abhängt. Zweitens ändert sich damit die Geschwindigkeit der schwingenden Bewegung in jedem Momente, mithin die lebendige Kraft a^2n^2 der Schwingungen, wovon nach nächstliegender Voraussetzung die Stärke oder quantitative Seite der Empfindung abhängig zu machen, so wie auch an^2, auf welche Function nach den Erörterungen unter XX. vielleicht vielmehr als auf die lebendige Kraft betreffs der Quantität der Empfindung Bezug zu nehmen; kurz, an welche Function von a man hiebei denken will, so wird nicht blos a sondern auch n Einfluss auf die Quantität oder Gesammtstärke der Empfindung haben. Ein Ton wird, um einen unterscheidenden Ausdruck dafür zu gebrauchen, um so lauter klingen, je mehr a wächst, um so durchdringender, je mehr n wächst, obschon man in dem Eindruck der Stärke selbst in keiner Weise unterscheiden kann, was auf Rechnung von a und was auf Rechnung von n kommt. Auch bei einer Farbe wird ohne Unterscheidung beider Elemente die Helligkeit von beiden zugleich abhängen. Und es ist nun noch zu untersuchen, ob das Webersche Gesetz bezüglich der, von a und n zugleich abhängigen, Gesammtstärke der Empfindung blos für den Fall der Veränderung von a bei Constanz von n, worauf sich die bisherigen Bestätigungen beziehen, nicht auch für den Fall, dass sich n ändert, als fun-

damental gültig anzusehen ist. Diess wird natürlich durch die Preyerschen Versuche nicht entschieden, sofern sich diese auf Unterschiede der Empfindung der Höhe, nicht der Stärke beziehen; und meines Wissens liegen in Bezug darauf überhaupt noch keine entscheidenden Versuche vor. Bei Versuchen darüber aber würden unstreitig folgende Puncte in Rücksicht kommen.

Es ist überhaupt schwer, die Gleichheit und Ungleichheit der Gesammtstärke des Eindruckes bei Tönen und Farben, in Abhängigkeit von a und n zugleich, genau zu beurtheilen, wenn sowohl a als n zwischen den Vergleichscomponenten verschieden ist; doch ist der Vergleich nicht unmöglich, nur eben nicht so genau zu ziehen, als wenn n bei beiden gleich ist. Jeder wird von einem sehr hellen Blau gegenüber einem sehr dunkeln Roth, oder einem sehr stark angeschlagenen tiefen Ton gegenüber einem sehr schwach angeschlagenen hohen Ton, so wie bei Umkehrung dieser Verhältnisse, nicht in Zweifel sein, welche von beiden Componenten den stärkern Gesammteindruck macht; auch hat ja Dobrowolsky bei obigen Versuchen zwei verschiedene Farbennüancen auf gleichen Helligkeitseindruck zu bringen gewusst, und ist Helmholtz bei den Versuchen (p. 317), womit er frühere Beobachtungen von Dove und Purkinje auf einen genauern Ausdruck brachte (s. unten S. 171), von einem gleichen Helligkeitseindruck des Blau und Roth ausgegangen.

Nun ist gewiss, dass bei Tönen wie bei Farben, mag man die Gesammtstärke des Eindruckes von $a^2 n^2$ oder $a n^2$ abhängig halten, jede Erniedrigung von a durch eine Erhöhung von n oder umgekehrt so compensirt werden kann, dass die Gesammtstärke des Eindrucks gleich bleiben muss, während bei dieser Gleicherhaltung sich der Eindruck der Tonhöhe oder Farbe wegen Aenderung von n ändert. Umgekehrt kann bei gleich erhaltener Empfindung der Tonhöhe oder des Farbentons wegen gleich gehaltenem n sich die Gesammtstärke der Empfindung wegen Abänderung von a ändern. Also fällt auch, allgemein gesprochen, die Unterschiedsschwelle, d. i. der Punct, wo die Gleichheit zweier Eindrücke für die Empfindung eben erreicht ist, für die Gesammtstärke des Eindruckes von Tönen oder Farben nicht mit der Unterschiedsschwelle für die Tonhöhen oder Farbentöne zusammen.*) Und wenn bei zwei

*) So war bei den frühern Dobrowolskyschen Versuchen der Unterschied

Farben oder Tönen durch demgemässe Abänderung ihres a und n aller Unterschied sowohl zwischen der Gesammtstärke ihres Eindruckes als ihrer Höhe oder ihrem Farbentone nur eben verschwunden ist, wird dabei allgemein gesprochen (abgesehen von besondern Fällen) nur der eine von beiden Unterschieden gerade auf der Schwelle, der andre schon unter der Schwelle sein, denn sonst würde man, wegen Nichtzusammenfallens beider Schwellen, einen Unterschied noch im einen oder andern Sinne bemerken. Dass zwei Farben oder Töne eben auf den Punct gebracht sind, dass gar kein Unterschied zwischen ihnen wahrgenommen wird, ist also kein Beweis, dass der Unterschied der Gesammtstärke ihres Eindruckes, mathematisch als Function ihres a und n ausgedrückt, auf denselben Werth, den Schwellenwerth, gebracht ist, er kann auch mehr oder weniger unter den Schwellenwerth herabgekommen sein; und Versuche nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, wo man den Unterschied zwischen zwei Tönen oder Farben durch Aenderungen ihres a oder n ganz zum Verschwinden, oder demselben nahe bringt, können daher meines Erachtens über die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf Unterschiede zwischen der Gesammtstärke von Tönen oder Farben überhaupt nicht sicher entscheiden. Diese Bemerkung scheint mir auf die interessanten und sinnreichen Versuche v. Zahns anwendbar, welche sonst im Gebiete der Farben gegen diese Anwendbarkeit sprechen würden. Um jedoch jedem selbst das Urtheil darüber zu überlassen, theile ich diese Versuche unter XIX. besonders mit.

Von andrer Seite scheint folgender Umstand der Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf die Gesammtstärke des Eindruckes bei Farben zu widersprechen.

Nach den, durch bekannte frühere Angaben von Purkinje und Dove veranlassten, genaueren Versuchen von Helmholtz (p. 317 f.) mit Spectralfarben erscheinen Roth und Blau, überhaupt eine wenig brechbare und stark brechbare Farbe, d. i. mit kleinem und grossem n, die bei einer gewissen Beleuchtung gleich hell erscheinen, nicht mehr so, wenn die Beleuchtung, hiemit das a, für beide in gleichem Verhältniss abgeschwächt oder verstärkt wird,

---

zwischen einander im n nahestehenden Farbentönen verschwunden, ohne dass der Helligkeitsunterschied schon überall verschwunden war.

sondern erstenfalls überwiegt der Eindruck der brechbarern, zweitenfalls der der minder brechbaren Farbe.*)

Vielleicht begründet diess wirklich einen Widerspruch gegen die Anwendbarkeit des Gesetzes auf die Gesammtstärke des Eindruckes bei Farben; indess hat man wenigstens bis jetzt meines Wissens das Analogon davon für Töne nicht beobachtet, und bei so manchen andern räthselhaften Unterschieden zwischen den Verhältnissen der Eindrücke von Farben und Tönen könnte möglicherweise auch hierin ein solcher liegen; anderseits beweist der Umstand, dass die Farben mit geänderter Helligkeit ihren Ton ändern und um so weisslicher erscheinen, je lichter sie werden (vergl. S. 136), dass für Farben complicirte Verhältnisse bestehen, wodurch die Deutung der Thatsachen in betreffender Hinsicht überhaupt unsicher wird.

Nach Allem ist zuzugestehen, dass weder die Aenderungen der Empfindung der Tonhöhe noch Farbe in ihrer Abhängigkeit von den Aenderungen der Schwingungszahl n das Webersche Gesetz befolgen, ohne dass diess auf experimentale Störungen der Gesetzlichkeit scheint geschoben werden zu können; und es muss selbst noch als fraglich gelten, ob das Gesetz fundamental auf die, von a und n gemeinsam abhängigen, Aenderungen der Gesammtstärke des Eindruckes anwendbar sei, ohne dass daraus ein Bedenken gegen die Gültigkeit desselben für Aenderungen von a bei Constanz von n folgt.

---

*) Die Versuche von Aubert (p. 127) und von Chodin (Ueb. d. Abh. d. F. v. d. L. p. 20. 32), nach welchen die Farben von geringerer Brechbarkeit bei Annäherung an das Dunkel leichter erkannt werden, als von grösserer, stehen in sofern nicht in Widerspruch mit Helmholtzs Versuchen, als jene sich auf Erkennbarkeit der Farbe, diese auf die der Helligkeit beziehen, und als jene nicht eben so als diese von gleich erscheinender Helligkeit der verglichenen Farben ausgegangen sind. Es kann aber das Dasein einer objectiven Farbe auf schwarzem Grunde noch durch einen Helligkeitsunterschied davon erkannt werden, wenn von Farbigkeit nichts bemerklich ist, und Aubert bemerkt selbst (p. 128), dass »immer die rothen Pigmente bei geringerer Helligkeit der Beleuchtung farbig erschienen sind, und dabei dunkler als das blaue Pigment.«

7) Extensive Grössen.

Es bleibt noch übrig, zu fragen: wie stellen sich die sogen. extensiven Empfindungen bezüglich der Auffassung von Raum- und Zeitgrössen zum Gesetz?

Schon früher (S. 61) ist erinnert worden und liegt von vorn herein auf der Hand, dass man für diese Empfindungen nicht ein gleiches Gesetz der Abhängigkeit von der Grösse der Distanz oder Länge der Zeit postuliren kann, als für intensive Empfindungen bezüglich der Intensität der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit besteht. Vielmehr ist a priori nichts darüber zu entscheiden. Was ich im 7. Abschnitt über extensive Raumempfindungen auf der Netzhaut gesagt habe, resumirt sich so: das Webersche Gesetz und davon abhängige logarithmische Massgesetz könnten sehr wohl bezüglich Abänderungen der Totalausdehnung der Netzhaut bestehen, ohne dass dadurch verhindert wäre, Theile der Netzhaut, Distanzen auf derselben, nach einfachem Verhältniss zur Totalausdehnung (Zahl der Empfindungskreise) zu schätzen; nur dass sich Versuche mit Abänderung der Netzhautgrösse, wie sie die Natur angestellt hat, von uns nicht anstellen lassen. Bei meinen und Volkmanns Augenmassversuchen hat sich jedenfalls das Webersche Gesetz (mit einer untern Abweichung bei den mikrometrischen Versuchen Volkmanns) in weiten Intervallen sehr gut bewährt, nur dass noch zweifelhaft bleibt, ob sie direct auf extensive Empfindungen und nicht vielmehr auf Bewegungs- oder Muskelgefühl zu beziehen sind. — Für extensive Empfindungen auf der Haut, wo das Muskelgefühl nicht in Anspruch genommen wird, habe ich jedenfalls keine entsprechende Bewährung des Weberschen Gesetzes als bei den Augenmassversuchen erhalten.

Auf den Zeitsinn findet Mach (in Abh. no. 1) das Gesetz nach Versuchen mittelst der Methode der eben merklichen Unterschiede unter Anwendung des Gehörsinns unanwendbar, indem die, aus verschiedenen Anordnungsweisen der Versuche und mit verschiedenen Beobachtungssubjecten erhaltenen, mittlern Resultate, auf p. 10 resumirt, im Ganzen Folgendes ergaben, wobei t die Hauptzeit in Secunden, $\frac{\Delta t}{t}$ den eben merklichen relativen Zeitunterschied ε, der nach dem Weberschen Gesetze für alle Hauptzeiten t gleich sein sollte, bedeutet.

t	0,016	0,110	0,375	0,535	1,153	4,520	8,060
$\frac{\Delta t}{t}$	0,750*	0,491	0,052	0,054	0,069	0,095	0,095*

Die mit * bezeichneten Zahlen sind nach dem Verf. als zu klein gegen die übrigen (als untere Grenze) anzusehen, sofern Δt hiebei gar nicht mehr merklich, bei den andern t aber noch merklich war.

Hienach also weichen in der That die Zahlen $\frac{\Delta t}{t}$ gänzlich von der, vom Weberschen Gesetze geforderten, Gleichheit ab, und findet bei $t = 0,375$ ein Minimum von $\frac{\Delta t}{t}$, mithin Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit statt.

Bemerken wir nun aber, dass die Hauptzeiten, innerhalb deren die starke Variation der $\frac{\Delta t}{t}$ stattfindet, 0,016 bis 1,153 Sec. überall nur klein sind, indess die $\frac{\Delta t}{t}$ für die zwei grössten t, d. i. 4,52 und 8,00, ungeachtet deren grosser Abweichung von einander, ein nur in sofern nicht ganz übereinstimmendes $\frac{\Delta t}{t}$ geben, als das $\frac{\Delta t}{t}$ bei $t = 8,00$ für etwas zu klein vom Verf. erklärt wird. Auf diese approximative Uebereinstimmung zwischen beiden Werthen würde nun wohl noch kein sonderliches Gewicht zu legen sein, wenn sie sich nicht in Vierordts sehr ausgedehnten Versuchen nach der Methode der mittlern Fehler (in s. Schrift: »Der Zeitsinn« Tübingen 1868) in weiterm Umfange bestätigte.

Im Allgemeinen nämlich fand Vierordt Folgendes: Es wird bei den Versuchen ein, in den Verhältnissen der rohen Fehler spürbarer, constanter Fehler begangen, indem kleine Hauptzeiten (Normalzeiten) in grössere Fehlzeiten, grosse Hauptzeiten in kleinere Fehlzeiten übersetzt werden, kurz kleine Zeiten zu gross, grosse zu klein geschätzt werden. Durch Uebergang von den rohen Fehlern zu den reinen variabeln Fehlern eliminirt sich dieser, die Versuche über Unterschiedsempfindlichkeit complicirende, Umstand, und an den reinen Mittelfehler hat man sich bei Prüfung unseres Gesetzes zu halten. Da zeigt sich denn bei Versuchen, wo die Fehlzeiten unmittelbar nach der Hauptzeit bestimmt wur-

den*), wenn der procentale, d. i. in Verhältniss zur Hauptzeit gerechnete, reine Mittelfehler ε genannt wird, dass ε in der That im Bereiche kleiner t mit Wachsthum der t bis zu einem Minimum herabgeht, ganz wie es Mach gefunden hat, dass aber, nachdem man mehr oder weniger darüber hinaus gestiegen ist, eine sehr approximative Constanz des ε für aufsteigende t eintritt; man muss nur zur Ausgleichung der nicht unbeträchtlichen zufälligen Schwankungen des ε Mittelzahlen für mehrere t hintereinander ziehen.

Nehmen wir die Versuchstabelle p. 36. Ein Assistent gab zwei Schläge in bestimmtem Intervalle an; Vierordt suchte sie sofort in genau gleichem Intervall zu wiederholen; die Aufzeichnung der Zeiten geschah mittelst einer geeigneten Hülfsvorrichtung am Kymographion. Hiebei fiel, von $t = 0{,}204$ Sec. (mit $\varepsilon = 16{,}6$) an mit den Zeiten aufsteigend, das Minimum $\varepsilon = 8{,}5$ auf $t = 1{,}129$; hienach folgte $\varepsilon = 8{,}7$ bei $t = 1{,}363$, und bei weiterm Aufsteigen ergaben sich von $t = 1{,}5$ bis 8,860 Sec. für Mittel von je vier aufeinanderfolgenden t folgende mittlere ε

t	1,98	3,09	4,99	7,30
ε	13,5	14,4	15,1	15,1

Viel höher mit den t wurde bei den Versuchen p. 49 aufgestiegen, wo die Aufgabe gestellt war, drei aufeinanderfolgende kleine Tactbewegungen der Hand mittelst Hülfsapparates am Kymographion so zu verzeichnen, dass die zwei Tacte genau gleiche Zeitdauer haben sollten; sie gingen von $t = 0{,}202$ Sec. als Dauer des ersten Tactes mit $\varepsilon = 9{,}4$ (procental zum ersten Tacte) bis $t = 90$ Sec. Das Minimum-$\varepsilon = 4{,}5$ fand sich bei $t = 0{,}887$; hienach mit Einschluss dieses Minimum im Mittel für je vier aufsteigende t folgende zusammengehörige Werthe

t	1,346	4,096	11,000	19,288	42,620
ε	5,45	11,85	16,02	15,20	17,65

In beiden Versuchsreihen also eine starke untere Abweichung vom Gesetz mit starker Approximation daran bei höheren Hauptzeiten t.

---

*) Die überhaupt sehr interessanten Versuche Vierordts sind noch sehr variirt, ohne dass ich für jetzt auf Anführung und Discussion derselben weiter eingehen kann, als oben geschehen.

Bei noch einer andern Versuchsreihe, von Stud. Höring unter Vierordts Leitung angestellt (p. 44), wurden durch ein Metronom acht auf einander folgende Schläge, also je sieben gleiche Zeitintervalle, angegeben, die am Kymographion sogleich wiederholt werden mussten, und Folgendes ergaben, wobei t die Dauer eines Schlagintervalls in Sec. bedeutet.

t	0,183	0,234	0,306	0,365	0,454	0,600	0,833	1,428
ε	3,9	4,5	3,0	2,5	3,1	4,1	5,2	5,4

Wieder ein Minimum von ε bei $t = 0,365$, und eine approximative Constanz von $t = 0,833$ an.

Mit diesen ganz vergleichbare Versuche, aber nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, liegen von Höring in s. Inauguraldissertation »Versuche über das Unterscheidungsvermögen des Hörsinnes für Zeitgrössen«, Tübingen 1866, vor, und sind von Vierordt in s. Schrift über den Zeitsinn p. 62 ff. reproducirt und discutirt; doch möchte ich ihre Berechnung anders vornehmen, als von Vierordt geschehen, und hienach die von Vierordt daraus abgeleiteten Zahlen p. 73 und 75, deren Gang mit den oben angeführten Zahlen nicht sonderlich stimmt, für nicht ganz massgebend ansehen, unterlasse es jedoch für jetzt, näher darauf einzugehen, da ich eine neue Berechnung noch nicht angestellt habe, und die wesentliche Entscheidung schon in der wesentlichen Uebereinstimmung der Versuchsresultate von Mach und Vierordt nach zwei ganz abweichenden Methoden gegeben ist. Man wird jedenfalls zugeben, dass, wenn die Abweichungen vom Gesetze bei dieser Art von Versuchen im Bereiche kleiner t noch der Erklärung bedürfen, die starke Approximation daran bei höhern t auch erklärt sein will, und leichter daran gedacht werden kann, dass erstere als dass letztere von Umständen, welche die reine Gesetzlichkeit nicht zu Tage treten lassen, abhänge.

XVII. Delboeufs Lichtversuche.

Das, nach Plateaus Princip (s. S. 22) eingerichtete, Verfahren Delboeufs war (nach Ét. p. 50 ff.) wesentlich dieses.

Zur Herstellung gemessener Werthe von *A*, *B*, *C* liess er drei Kreissectoren aus weissem Velinpapier von abgestufter Winkelbreite sich vor einem Hintergrunde von schwarzem Sammet drehen, und traf solche Anordnungen, dass das Tages- oder Kerzenlicht, welches die weissen Sectoren beleuchtete, den schwarzen Hintergrund nicht treffen konnte, dass also (nach meiner Auffassung) dessen Helligkeit merklich blos durch die des Augenschwarz repräsentirt wurde; auch war von den Wänden reflectirtes Seitenlicht von der Vorrichtung abgehalten. Die Kreissectoren waren im Umfange einer, bei manchen Versuchen weissen, bei andern schwarzen, Scheibe *C'* (von Delboeuf mit *A* bezeichnet) so angebracht, dass sie bei gemeinsamer Drehung mit derselben drei, diese Scheibe und einander umschliessende, graue Ringe darstellten, wovon der, vom Sector *C* mit der grössten Winkelbreite herrührende, also hellste, die Scheibe *C'* zunächst umschliessende, der innerste, der vom Sector *A* mit der kleinsten Winkelbreite herrührende, also dunkelste, der äusserste war. Seien δ, δ', δ'' die Winkelbreiten von *A*, *B*, *C*, welche bei constanter und gleichförmiger Beleuchtung als Vergleichsmass der physischen Helligkeit der Ringe gelten können, insoweit solche durch die äussere Beleuchtung bedingt ist. Hienach bestand der Versuch darin, dass bei gegebenem δ und δ' die Winkelbreite δ'' des innersten, hellsten Sectors *C* so lange abgeändert wurde, bis der Unterschied zwischen *C* und *B* dem zwischen *B* und *A* gleich erschien. Denken wir uns nun die von der Winkelbreite unter dem Einfluss der äusseren Beleuchtung abhängigen Helligkeiten δ, δ', δ'' jede noch durch einen constanten kleinen Werth *c* vergrössert, um die volle Helligkeitserscheinung der Ringe zu repräsentiren, welchen Werth ich von der innern Helligkeit des Augenschwarz abhängig denke, indess Delboeuf ihm in der Étude eine etwas andere Bedeutung beilegt (s. S. 34), so würde, ohne Rücksicht auf diesen Werth, bei dem Gleicherscheinen beider Differenzen, nach Weberschem Gesetze sein müssen

$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{\delta''}{\delta'}$, mit Rücksicht auf c aber, nach Delboeufs Formeln in der Étude wie nach meiner Formel (Elemente II. p. 195)

$$\frac{\delta' + c}{\delta + c} = \frac{\delta'' + c}{\delta' + c}$$

woraus folgt

$$\delta'' = \frac{\delta'^2 - c\,\delta + c\,\delta'}{c + \delta'} \qquad (1)$$

$$c = \frac{\delta'^2 - \delta\,\delta'}{\delta + \delta'' - 2\,\delta'} \qquad (2)$$

Es liess sich nun untersuchen, ob die durch den Versuch bestimmten Werthe δ'' bei Abänderung von δ und δ', also bei verschiedenen absoluten Helligkeiten, der Formel (1), hiemit der Bedingung für die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes, hinreichend entsprechen, wenn dabei für c ein kleiner Werth als constant angenommen wird, und ob sich c nach Berechnung aus den Werthen δ, δ', δ'' mittelst Formel (2) wirklich constant bei Aenderung jener Werthe, also bei verschiedener absoluter Helligkeit findet.

Als eine Unvollkommenheit des Verfahrens erwähnt Delboeuf selbst (Et. p. 50. 71), dass eine ungleichförmige Contrastwirkung dabei nicht hinreichend von ihm vermieden worden sei, wovon manche Anomalien der Versuche abhängen könnten, wesshalb er auch die Versuche habe wiederholen wollen, aber nicht dazu gekommen sei. Es umgab nämlich bei den Versuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes (Ét. p. 54—66) der innerste graue Ring, erzeugt durch den winkelbreitesten weissen Sector, eine ganz weisse Scheibe, oben mit C' bezeichnet, an welche sämmtliche Sectoren befestigt waren, indess der äusserste Ring sich gegen einen ganz schwarzen Hintergrund abhob. Bei den Specialversuchen zur Bestimmung von c (p. 72. 88) war C' schwarz und setzte sich also sowohl C als A gegen Schwarz ab. Indem nun jeder Ring zu beiden Seiten eine verschieden helle Nachbarschaft hat, theilt er sich nach Contrastgesetzen in zwei Zonen von verschiedener Helligkeit und nimmt im Ganzen je nach der Nachbarschaft eine abgeänderte Helligkeit an*) (vergl. Abschn. XI.). Delboeuf bemerkt, bei hinreichend breiten Ringen, z. B. von 2 bis 3 Centimeter, sei eine hievon abhängige Störung weniger bemerklich, und fügt (p. 71) hinzu, es sei leicht »diesen Nachtheil zum Theil zu vermeiden«, wenn man dem Grunde, gegen den sich die Combination der δ, δ', δ'' abhebt,

*) Unstreitig ist wegen der Fernwirkung des Contrastes hiebei nicht blos die unmittelbare Nachbarschaft zu berücksichtigen, und wird also der mittlere Ring nicht blos durch den Contrast mit den beiden Nachbarringen, sondern auch durch die Summe oder Differenz der an sich schwächern Wirkungen des Contrastes mit der Scheibe C' und mit dem Grunde beeinflusst sein, je nachdem Scheibe und Grund gleichartig oder ungleichartig sind.

sowohl nach Innen als Aussen dieselbe Helligkeit als dem mittleren Ringe gebe.

Zu Vorigem möchte ich noch hinzufügen, dass zur sichern Verhütung eines constanten Fehlers nicht blos immer einseitig *C*, sondern eben so oft *A* hätte bis zum Gleicherscheinen der Differenzen *C*, *B* und *B*, *A* für das Auge abgeändert werden oder wenigstens untersucht werden müssen, ob nicht ein constanter Fehler von der einseitigen Anstellungsweise der Versuche abhänge.

Inzwischen, da die Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes p. 54 ff., wo die Scheibe *C'* weiss war, nicht minder als die Versuche p. 73 und 88, wo sie schwarz war, für *c* überall nur sehr kleine, ja zum Theil fast verschwindende, Werthe nach Formel (2) finden lassen, so können auch für die Prüfung des Weberschen Gesetzes nach Formel (1) nur Fehler sehr kleiner Ordnung aus den Irrthümern durch den ungleichförmigen Contrast erwachsen sein, und kann die Kleinheit von *c* selbst als constatirt gelten; nur wird man auf eine richtige absolute Bestimmung von *c* nicht danach rechnen dürfen.

Aus der Gesammtheit der, folgends in einer Gesammttabelle resumirten, Versuche geht hervor, dass in der That der Formel (1), unter Annahme eines sehr kleinen constanten Werthes für *c*, mit erwünschtester Approximation für weite Abänderungen von δ, δ', δ'' entsprochen wird. Delboeuf giebt vier Versuchstabellen (p. 54. 60. 62. 65) für verschiedene Beobachtungssubjecte und unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen. In allen vier sind übereinstimmend dieselben 14 verschiedenen Combinationen von δ, δ' angewandt, welche in der unten folgenden Gesammttabelle der Versuche verzeichnet sind; und in jeder Versuchsreihe ist zu jeder dieser Combinationen der zugehörige Werth δ'' durch ein Mittel aus 2 bis 5 (im Original specificirten) Beobachtungswerthen bestimmt. Mit diesen mittlern beobachteten δ'' vergleicht nun Delboeuf die nach (1) aus den vorgegebenen δ und δ' berechneten δ'' unter Setzung von c einmal $= 0{,}5^\circ$, zweitens $= 0{,}12^\circ$, welche Werthe gegen die angewandten δ, δ', δ'', von denen das kleinste δ gleich 9° war, fast verschwinden; auch habe ich mich an den drei ersten Tabellen überzeugt, dass man *c* geradezu null setzen kann, ohne die Einstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung wesentlich zu alteriren, falls man dabei in jeder Tabelle von Versuch no. 1, mit $\delta = 9^\circ$, $\delta' = 47^\circ$ absieht, wo wegen schwächstem δ der Werth *c* verhältnissmässig am meisten wiegt, welchen Versuch aber Delboeuf (nach p. 60) überhaupt nicht für sehr zuverlässig erklärt.

Lässt man nämlich no. 1 überall bei Seite und verbessert man überdiess die unten angezeigten Rechenfehler Delboeufs, so erhält man für die drei Voraussetzungen $c = 0,5$, $= 0,12$ und $= 0,0$ folgende Summen der Abweichungsquadrate zwischen Rechnung und Beobachtung*)

	$c = 0,5$	$c = 0,12$	$c = 0,00$
Tab. I.	210,7	238,1	258,1
- II.	1278,8	1233,6	1214,4
- III.	1110,2	1206,6	1258,8

woraus man erstens sieht, dass die Versuche der Tab. I. (in Betracht der kleinsten Summen der Abweichungsquadrate) bei Weitem die zuverlässigsten waren, wofür sie auch der Verf. (p. 57) erklärt, weil die Versuchsumstände am günstigsten waren, zweitens, dass in Tabelle II., die sich aber freilich nach der Summe der Abweichungsquadrate als die ungenaueste erwies, $c = 0,0$ sogar einen Vortheil gewährt. Indess ist doch bei den andern Reihen 0,5 am meisten im Vortheil, und mag daher in folgender Gesammttabelle der Delboeufschen Versuche zu Grunde gelegt werden.

In den, vom Verf. nach Formel (1) berechneten Werthen δ'' finden sich in seinen sämmtlichen Tabellen erhebliche, in jeder Tabelle sich wiederholende, Rechnungsfehler, durch deren Beseitigung die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung nur gewinnt. Wie ich mittelst zweimaliger Durchrechnung finde, sind folgende, von Delboeuf falsch berechnete, Zahlen durch folgende darunter gesetzte richtige zu ersetzen:

in der Spalte für $c = 0,12$

falsch	242,2	128,7	202	117,8	152,5	98,1	120,05	178,2
richtig	243,3	128,8	194,6!	118,0	152,6	95,2	120,5	175,9

in der Spalte für $c = 0,5$

falsch	94,4	119,5
richtig	95,1	120,3

Auch muss p. 83 und 84 für 0,53 stehen 0,33.

In folgender Gesammttabelle nun sind in der 2. und 3. Col. die in allen vier Reihen identisch vorgegebenen 14 Combinationen δ, δ' verzeichnet, in der 4. Col. die, unter Annahme von $c = 0,5$ aus diesen Combinationen nach (1) berechneten δ'', in den übrigen Columnen die damit zu vergleichenden mittlern beobachteten δ''. Die oben bemerkten Rechnungsfehler sind folgends berichtigt, und in no. 5 unter I. (gemäss der Anmerk. unten) 233,7 statt 247,8 als beobachtetes δ'' gesetzt. Unter der Gesammttabelle folgen noch Angaben über die Beobachtungssubjecte und

*) In Tab. I ist bei Versuch no. 5 statt $\delta'' = 247,8$ der (nach p. 59) wahrscheinlich zuverlässigere Werth 233,7 angenommen.

die Beleuchtung des Apparates, welche in den Versuchen der einzelnen Tabellen stattfanden.

Das Beobachtungssubject der Tabelle I., vom Verf. mit *A* bezeichnet, wird auch bei den spätern Versuchen über Bestimmung von *c* mehrmals unter dieser Bezeichnung wieder vorkommen.

Gesammttabelle.

no.	gegeben δ	gegeben δ'	berechnet δ'' mit $c=0,5$	beobachtet δ'' Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Tab. IVa.	Tab. IVb.	Tab. IVc.
1	9	47	237,0	237,6	239,7	243,5	226,5	210,7	233,7
2	13	27	55,5	54,4	53,7	55,3	57	60,3	50
3	13	36	98,3	98,8	97,3	94,8	113,5	102,3	111,7
4	13	41	127,0	129,2	133,3	123,5	132	133,3	121,3
5	13	56	236	233,7	238	245,4	224,5	220,7	231,3
6	21	60	169,7	163,4	184,7	157	164,5	179	155,3
7	21	64	193,0	200	207,3	175,7	176,5	192,7	183,7
8	22	36	58,7	57,6	61,3	56,8	59	60,7	63,7
9	22	51	117,4	119,8	116,3	107,4	107,5	121	125,7
10	22	58	151,6	152,2	159	139,2	145,5	163,3	165,3
11	22	66	196,0	194,8	174	182,2	168,5	210,3	199,7
12	43	64	95,1	97,4	92,7	94	96	103	95,3
13	43	72	120,3	130,0	127,3	119,8	126,5	118	116,7
14	43	87	175,5	176,8	189,7	168,8	181	179,7	188,3

Tab. I. Eine junge Dame *A*, grauer Himmel (jour gris), δ'' Mittel aus 5 Beob.

Tab. II. Eine alte Dame, Malerin, grauer Himmel, δ'' Mittel aus 5 Beob.

Tab. III. Die junge Dame *A*, Kerze, umgeben mit einem Reflector aus weissem Papier, in ungefähr 25 Centim. Entfernung vom Apparat.

Tab. IVa. Zwei Beobachter, Abends, Kerze, wohl wie unter III.

b. Drei Beobachter bei grauem (gris) Himmel.

c. Drei Beobachter bei hellem Himmel.

Jeder Beobachter ist in Tabelle IV. blos mit einem Beobachtungswerthe für δ'' aufgeführt, in der obigen Tabelle aber das Mittel aus den je zwei oder drei Angaben genommen.

Man kann die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung, welche zu Gunsten des Weberschen Gesetzes spricht, namentlich in Tab. I., deren Versuche unter den günstigsten Umständen angestellt waren, nur überraschend finden. Die andern Tabellen zeigen mitunter beträchtliche, aber keiner bestimmten

Ordnung folgende, also den Charakter der Zufälligkeit tragende, Abweichungen bald in + bald in —, die vom Verf. zum Theil discutirt werden.

So befriedigend, ja durchschlagend nun auch die Zusammenstimmung der vorigen Versuche in Betreff der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes erscheint, ist hiegegen in Betreff der Bestimmung des kleinen Werthes c zu bemerken, dass sie in sich und mit den besonders zu dieser Bestimmung angestellten Versuchen p. 73 und p. 88 nur in sofern stimmen, als alle diese Versuche einen sehr kleinen, aber nach Umständen sehr veränderlichen Werth dafür finden lassen; was an sich nicht hindert, c auf die Helligkeit des Augenschwarz zu beziehen, da diese Helligkeit nach früher gemachten Bemerkungen selbst als nicht unerheblich veränderlich gelten muss, aber auch zum Theil an der, in der Einschaltung S. 179 bemerkten, Unsicherheit des Verfahrens hängen kann. Wenn nun bei Berechnung voriger Versuchstabellen c überall $= 0,5$ gesetzt worden ist, wie vom Verf. selbst nach einer seiner Berechnungsweisen geschehen, ist doch nicht anzunehmen, dass c überall constant diesen Werth gehabt habe, sondern die trotz dem durchgehende nahe Uebereinstimmung von Rechnung mit Beobachtung erklärt sich nur dadurch, dass ein bei der Berechnung ziemlich zu vernachlässigender Werth verdoppelt, verdreifacht werden, aus dem Positiven ins Negative übergehen kann, ohne dass das Rechnungsresultat sich erheblich ändert.

Im Grunde giebt jede einzelne Versuchsnummer in jeder der Tabellen, die in voriger Gesammttabelle vereinigt sind, Gelegenheit, den Werth c nach den darin vorgegebenen Werthen δ, δ' und dem beobachteten δ'' mittelst Formel (2) zu berechnen, nur dass jede Einzelbestimmung eines so kleinen Werthes sehr unsicher ist. Nehme ich nun aus Tabelle I. die sieben ersten Nummern zusammen, gegen deren δ der Werth c nicht in gleichem Grade verschwindet, als gegen die sieben folgenden, und bestimme c summarisch durch

$$c = \frac{\Sigma\,(\delta'^2 - \delta\,\delta''^2)}{\Sigma\,(\delta + \delta'' - 2\,\delta')}$$

so finde ich $c = 0,48$, was mit dem zur Berechnung angenommenen 0,5 merklich stimmt. Aber die andern Tabellen lassen andere Werthe dafür finden; und da sich aus diesen Versuchen überhaupt c nicht genau finden lässt, hat Delboeuf p. 73 weitere Versuche,

unter constanter Anwendung von $\delta = 13^\circ$, $\delta' = 11^\circ$, durch die Beobachterin *A* anstellen lassen, und dabei fünf verschiedene Beleuchtungsgrade angewandt, bei deren jedem 24 (gut in sich stimmende) Versuche angestellt wurden, die Hälfte so, dass von einem zu grossen, die andre so, dass von einem zu kleinen δ'' zum richtig scheinenden übergegangen ward. Die Beleuchtungen waren und gaben folgende mittlere δ'' und danach *c*.

1) Abends, Kerze, umgeben mit einem schwarzen Halbcylinder, in 25 Centim. Entfernung vom Apparat $\delta'' = 127{,}8$; $c = 0{,}333$.

2) Sehr trüber (très-sombre) März-Himmel zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags $\delta'' = 122{,}3$; $c = 1{,}71$.

3) Grauer (gris) Himmel desselben Monats um 3 Uhr $\delta'' = 126{,}3$; $c = 0{,}682$.

4) Ganz heller Himmel, die Sonne strahlend in vollem Glanze, im Zimmer $\delta'' = 129{,}4$; $c = 0{,}00$.

5) Dann (an diesem hellen Tage) in ganz freier Luft, doch ohne directe Sonnenbeleuchtung $\delta'' = 137$; $c = -5{,}814$.

Sieht man von den Versuchen unter 1) ab, sofern die Versuche bei Kerzenlicht zu wenig mit den übrigen vergleichbar scheinen, so nimmt *c* mit der Stärke der Beleuchtung ab, und geht bei 5) gar ins Negative über. Die aus der Rechnung folgende Abnahme von *c* bei verstärkter Beleuchtung nun bedeutet nicht nothwendig eine absolute Abnahme, sondern muss vielmehr bei wirklicher Constanz desselben (d. h. des dadurch bezeichneten psychophysischen Werthes) erwartet werden, da ein constantes *c* natürlich einen um so kleinern Bruchtheil der Beleuchtung bildet, je grösser diese ist; bei der hier eingeschlagenen Bestimmungsweise aber tritt ein Sector von 1° multiplicirt mit der Intensität seiner äussern Beleuchtung als Einheit der Helligkeit auf. Nur der Eintritt negativer Werthe von *c* bei der stärksten Beleuchtung ist hieraus nicht erklärlich; und natürlich stimmen negative Werthe von *c* überhaupt nicht zu der Ansicht, dass *c* eine positive Helligkeit des Augenschwarz bedeute. Aber Versuche mit grösserer Helligkeit sind nicht blos desshalb untauglich zur Berechnung von *c*, weil *c* zu sehr gegen den äussern Lichtwerth verschwindet, sondern weil die Gründe der oberen Abweichung vom

Weberschen Gesetze nach Massgabe anfangen merklicher zu werden, als man mit den Helligkeiten höher aufsteigt. Und dass dieser Umstand hier wirklich ins Spiel kommt, geht aus folgender, vom Verf. p. 72 gemachten Bemerkung hervor: »Wir wollten [mit $\delta = 13°$, $\delta' = 41°$] Versuche unter Beleuchtung des Apparates mit vollem Sonnenlicht anstellen; diese Versuche gelangen nicht, denn das Beobachtungssubject war geblendet, und genehmigte alle Werthe von δ'', wenn sie $100°$ oder $105°$ überstiegen, oder unter $150°$ gingen.« Natürlich musste sich eine solche Störung schon bei hellem Tageslichte geltend machen.

Da die Helligkeiten der verschiedenen Beleuchtungen in vorigen Versuchen nicht mit einander verglichen sind, und Delboeuf überdiess (nach p. 84) die vorige Methode noch nicht genau genug für die Bestimmung eines so kleinen Werthes, als c ist, hielt, hat er noch vier Reihen von Versuchen, jede mit 58 bis 84 Beobachtungen nach ganz übereinstimmendem Verfahren theils selbst, theils durch Beobachterin A angestellt, wobei δ, δ', δ'' constant gegeben waren $= 13°$, $41°$, $100°$ (in einer der Reihen vielmehr $102°$), also nicht δ'' erst gesucht, aber die Beleuchtung durch veränderten Abstand einer Kerze so lange abgeändert wurde, bis die Bedingung der gleich scheinenden Differenz zwischen δ, δ' und δ', δ'' erfüllt war. Die Kerze war von einem inwendig geschwärzten Cylinder fast ganz umgeben, und die eine Hälfte der Versuche wurde so angestellt, dass durch Entfernung der Kerze, die andre so, dass durch Näherung der Kerze bis zum rechten Puncte vorgeschritten ward, wobei (wenn dieser Punct erreicht war), die ersten Distanzen sich im Allgemeinen kleiner fanden, als die zweiten; hieraus ward das Mittel genommen, und dieses der Berechnung der Helligkeiten (nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung) zu Grunde gelegt.

Durch die von ihm selbst angestellten 58 Beobachtungen fand er solchergestalt mittelst angemessener Reduction den Werth c äquivalent der Helligkeit, welche hervorgebracht wird durch Drehung eines weissen Sectors von blos $0{,}04° = \frac{1°}{25}$ auf ganz lichtentblösstem Grunde, wenn dieser Sector durch eine, um 25 Centimeter entfernte, Kerze (deren Beschaffenheit bei den Versuchen nicht angegeben ist) beleuchtet wird. An die Stelle von $0{,}04°$ treten nach ganz entsprechenden Versuchen der Beobachterin A

(mit je 84 Beobachtungen in jeder Reihe) in den drei Reihen Werthe 0,05, 0,1372, 0,1587. Hievon wurde der erste einige Tage früher als die beiden letzten gefunden, welche aus 2, an demselben Versuchstage angestellten, Reihen folgen, woraus Delboeuf (p. 84) das Resultat zieht,

1) »dass *c* von einem Individuum zum andern variirt,

2) dass *c* selbst bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten verschieden ausfällt,

3) dass *c* [unter gleichgehaltenen Umständen] während eines ziemlich beträchtlichen Zeitintervalles, das sich auf mehrere Stunden erstrecken kann [nämlich während der Dauer der 58 oder 84 Versuche jeder Reihe], merklich constant bleibt, wenn diess Intervall angemessen gewählt wird.«

Namentlich letztern Punct hält er für sicher gestellt, indess (nach p. 90) an den unter 1) und 2) bemerkten Verschiedenheiten möglicherweise auch eine Helligkeitsverschiedenheit der zu den Versuchen gebrauchten Kerzen einen Antheil gehabt haben könne.

In jedem Falle bleibt die Geringfügigkeit von *c*, die sich aus allen diesen Versuchen herausstellt, auffällig, und so gut die Versuche zum Weberschen Gesetze stimmen, so wenig zu der Rolle, die man nach anderweiten Erfahrungen der Helligkeit des Augenschwarz beizulegen hat; nur dass sie aus angegebenem Grunde für die Bestimmung derselben auch nicht zuverlässig genug erscheinen.

XVIII. Herings Gewichtsversuche.

Hering macht gegen das Webersche Gesetz zwei Arten von Gewichtsversuchen geltend, die einen von ihm selbst mit grösseren Gewichtsdifferenzen in eigenthümlicher Weise angestellt (p. 14 ff.), die andern (p. 33 ff.), folgends mit als Heringsche zu rechnen, auf seine Veranlassung und unstreitig unter seiner Leitung von den Stud. med. Biedermann und Löwit nach einer Methode ausgeführt, die, wie ich aus der Correspondenz mit Hering glaube entnehmen zu können, als eine Modification der Methode der eben merklichen

Unterschiede anzusehen, worüber doch erst nähere Mittheilungen von ihm selbst zu erwarten sind.

Der Versuche erster Art sind zwei, die sich kurz unter folgendes Schema bringen lassen.

1) Wenn ich ein Gewicht von 3 Pfd. hebe und das Gewicht des mitgehobenen Armes auch etwa zu 3 Pfd. rechne, so scheint mir der Zuwachs von 3 Pfd. zum Armgewichte von 3 Pfd. geringer, als wenn ich zu 3 Pfd. Armgewicht mit noch 4 Pfd. daran, also zu 7 Pfd. andre 7 Pfd. Gewicht füge, ungeachtet er nach dem Gesetze nur gleich erscheinen sollte.

2) Die Hand auf eine Unterlage aufgelegt, um die Mitwirkung des Armgewichts auszuschliessen. Wenn ich zu einer galvanischen Platte, welche auf der Hand liegt, noch eine Platte füge, so erscheint mir der Zuwachs geringer, als wenn ich zu fünf darauf liegenden Platten fünf Platten füge. Eben so dem Gesetze widersprechend.

Der erste Versuch lässt meines Erachtens folgende Deutung zu. Wenn wir sonst ein Gewicht in die Hand nehmen und wägen, fällt es uns nicht ein, dasselbe als Zuwachs zum Armgewicht zu fassen, und letztres Gewicht so zu sagen abzuziehen, um erstres für sich aufzufassen, sondern wir beurtheilen den Eindruck, den das Gesammtgewicht des Armes und Gewichtes macht, gleichviel ob richtig oder unrichtig, und werden es also auch bei obigem Versuche thun. Also haben wir auf einer Seite nicht einen Zuwachs von 3 Pfd. zu 3 Pfd., den wir schätzen, sondern ein absolutes Gewicht von 6 Pfd. einerseits, was wir mit den 14 Pfd. auf der andern Seite vergleichen, nachdem der Gewichtszuwachs zur andern Seite gemacht ist. Und so werden wir freilich empfinden, dass 14 Pfd. schwerer als 6 Pfd. sind, aber weiter als diess Selbstverständliche wird sich nichts schliessen lassen.

Anlangend den zweiten Versuch, bei dem eine Rücksicht auf das Gewicht des Armes wegfällt, so möchte zuvörderst Folgendes dagegen zu bemerken sein. Wenn die Hand auf dem Tische aufliegt und eine Platte aufgelegt wird, so hängt die Druckempfindung, welche die Hand spürt, nicht blos von dem Druck der Platte ab, sondern auch dem Gegendruck, welchen die auf den Tisch drückende Hand von diesem erfährt, und dieser muss, eben so wie vorhin das Armgewicht dem zu hebenden Gewichte, dem Druck der Platte zugerechnet werden. Dieser Gegendruck aber wird doch minde-

stens dem Druck einer Platte gleich zu setzen sein. Damit, dass er vernachlässigt ist, verliert der ganze Versuch seine Beweiskraft.

Gemeinsam aber scheint mir gegen die beiden vorigen Versuche einzuwenden, dass sich der Vergleich der Unterschiede dabei überhaupt gar nicht unabhängig vom Vergleich der absoluten Gewichte halten lässt. Um den, wegen geringen Gewichts der Platte gemachten Einwand selbst auszuschliessen, liess ich eine Person, die von der Absicht der Versuche nichts wusste, beide Hände mit dem Rücken auf den Tisch legen, legte auf die eine Hand eine, die Hand etwa zur Hälfte deckende, Bleiplatte von 500 Grammen, auf die andre eine solche von 1000 Grammen, liess die Person die Augen schliessen, fügte zur ersten Platte eine zweite Platte von 500 Grammen, auf die zweite von 1000 Grammen, und fragte sie, welcher Zuwachs ihr grösser schiene, worauf ich die Antwort erhielt, das Gewicht auf der zweiten Hand wäre viel schwerer geworden, als auf der ersten, wie es schon vorher schwerer gewesen. Auf meine Bemerkung, »ich wolle aber nicht wissen, auf welcher Seite das Gewicht schwerer geworden, sondern auf welcher Seite der Zuwachs, den das vorher vorhandene Gewicht erfahren, grösser sei«, erhielt ich die Antwort: »ja sie (die Person) wisse nur immer das eine schwerer gewordene Gewicht mit dem andern zu vergleichen«, und ich vermochte sie nicht dahin zu bringen, zuzugestehen, dass sich auch die Zuwüchse unabhängig davon vergleichen lassen. Auch mir selbst schien es so, als ich den Vergleich an mir selbst anstellen liess, oder schien je nach der Richtung der Vorstellung bald so bald so, ohne dass ich auf mein Urtheil, als möglicherweise befangen, dabei viel geben will; nur muss ich nach dem Ausfalle voriger Versuche die Vorsicht anempfehlen, wenn man den Versuch von Andern wiederholen lässt, sich wirklich sicher zu stellen, dass sie nicht bei ihrer Aussage die Empfindung eines grössern Gewichtes mit der Empfindung eines grösseren Zuwachses verwechseln, eine Sicherstellung, die mir freilich ziemlich schwierig scheint.

Sollte sie dennoch gelingen, so gebe ich bereitwilligst zu, dass hieraus ein wesentlicher Einwand gegen die Anwendbarkeit des Gesetzes auf Gewichtsempfindungen erwachsen würde. Jedenfalls aber leidet diese Versuchsweise an einer schwer zu eliminirenden Complication, an welcher die andern Versuche Herings mit eben merklichen Unterschieden nicht eben so leiden.

Ehe ich jedoch auf diese weiteren Heringschen Versuche näher eingehe, muss ich zur Vergleichung damit auf die Gewichtsversuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle zurückverweisen, die ich selbst in den Elem. I. p. 186 ff. bekannt gemacht habe.*) Das wesentlichste Resultat dieser Versuche ist, dass die summirten Zahlen $\frac{r}{n}$ (wo r die Zahl der richtigen Fälle, n die Gesammtzahl der Fälle ist), so wie die daraus abgeleiteten summirten hD, welche nach dem Weberschen Gesetze für die verschiedenen, von 300 bis 3000 Grammen variirten, P's gleich sein sollten, es nicht wirklich sind, aber sich der Gleichheit um so mehr nähern, je höher die Gewichte ansteigen. Dieselben bis zu höhern Hauptgewichten, als geschehen, zu steigern, liess theils die zu grosse Anstrengung, welche daraus bei fortgesetzten Versuchen erwachsen wäre, namentlich aber der Umstand, dass der Apparat dadurch gelitten haben würde, nicht zu, indess ich durch besondere Versuche (Elem. I. p. 305 ff.) nachgewiesen habe, dass die Ermüdung des Armes durch Gewichte der Bewährbarkeit des Gesetzes an sich eben so wenig im Wege steht, als die Ermüdung des Auges durch Lichtreize, indem der Erfolg nur derselbe ist, als wenn beide zu vergleichende Gewichte in gleichem Verhältniss dadurch abgeändert würden.

Unstreitig nun lässt sich der Erfolg dieser meiner Versuche eben so gut gegen als für das Webersche Gesetz geltend machen. Gegen das Gesetz, sofern sie ja von unten an die auffälligste Abweichung vom Gesetze zeigen, für das Gesetz, sofern sie höher hinauf eine eben so auffällige Approximation daran zeigen. Natürlich deuten die Gegner sie in ersterm Sinne, ich in letzterm Sinne, indem ich folgende Betrachtungen geltend mache.

Dass die Versuche bei den kleinern Gewichten so gar nicht zum Gesetze stimmen, zeigt nur, dass das Gesetz im Gebiete der

*) Ausser diesen Versuchsreihen, welche direct auf Prüfung des Weberschen Gesetzes unter variirten Umständen gerichtet waren und den dazu supplementaren über den Einfluss der Ermüdung (Elem. I. 305) liegen mir noch bisher nicht veröffentlichte, grosse Versuchsreihen vor über den Einfluss der Dauer der einzelnen Hebungen und der Zwischenzeit zwischen je zwei zu einem Vergleich zusammengehörigen Hebungen, so wie über Hebungen ohne D. Vielleicht komme ich noch einmal dazu, sie bekannt zu machen. Für jetzigen Zweck jedoch sind sie ohne wesentlichen Belang.

Gewichtsversuche so gut einer bedeutenden untern Abweichung unterliegt, als in andern Gebieten, beweist aber hier nicht mehr als in andern Gebieten gegen das reine Gesetz, wie sich solches ohne die Gründe experimentaler Abweichungen geltend machen würde, sofern sich ein ganz bestimmter Grund für die untere experimentale Abweichung angeben lässt, der um so mehr an relativem Einfluss verliert, je höher die Gewichte ansteigen, ausserdem noch andre Nebenumstände möglicherweise relativ störender für Versuche mit kleinen als grossen Gewichten sein können. Der bestimmt angebbare Grund liegt darin, dass zu den als Hauptgewicht P und Vergleichsgewicht P' in Rechnung gebrachten äusseren Gewichten noch ein Gewichtsmoment des mitgehobenen Armes zuzufügen, um die Rechnung stimmend zu finden; nur ist theils fraglich, wie viel in dieser Hinsicht zuzurechnen, theils wie es zuzurechnen, wenn, wie es die Ansicht Webers ist, diese Versuche nur für eine zusammengesetzte Empfindung von Druck und Schwere gelten, indem durch das Armgewicht doch nur die Schwere wachsen könnte. Jedenfalls vernachlässigen kann man das Armgewicht nicht desshalb, weil es unserm Körper selbst angehört, denn jeder fühlt doch die Schwere seines eignen Körpers, wenn er einen Berg oder eine Treppe hinansteigen soll, und lässt einen müden Arm hängen, weil er dessen Schwere fühlt. Allgemein aber kann man sagen: sofern es überhaupt wahrscheinlich ist, dass unsere Empfindungsnerven mit derselben psychophysischen Thätigkeit, welche durch äussere Reize in ihnen erweckt oder gesteigert werden kann, schon natürlicherweise bis zu gewissem Grade (meist nur unter der Schwelle) geladen sind, so werden die Nerven, mittelst deren wir Druck und Schwere empfinden, auch keine Ausnahme davon machen, also zum äussern Gewichte ein Zuwachs aus diesem Gesichtspuncte zu fügen sein, der unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen Personen verschieden sein kann. Auch wird das Gewichtsmoment des hebenden Armes selbst natürlich in verschiedener Weise in Rechnung kommen, je nachdem zur Hebung des äussern Gewichts der ganze Arm, oder blos Vorderarm, oder gar nur die Hand in Anspruch genommen wird.

Aber mag es sein, dass die Zurechnung des Armgewichts nicht oder nicht überall ausreicht, die untere Abweichung zu decken, so hat ja Hering selbst (s. oben S. 49) eine ganze Reihe Umstände geltend gemacht, wodurch Störungen bei den Versuchen verschul-

det sein können, und wenn ich auch nicht habe zugeben können, dass manche dieser Umstände bei meinen Versuchen zutreffen, so kann ich doch nicht behaupten, dass nicht andre wirklich in Betracht kommen; nur muss ich immer darauf zurückkommen, dass meiner Ansicht nach hiedurch vielmehr nur das Gesetz gestört und auf eine Approximation gebracht, als diese Approximation, wie sie sich doch bei den grösseren P in meinen Versuchen zeigt, hervorgebracht werden kann. Hering ist andrer Ansicht, und dieser Widerspruch wird zwischen uns bestehen bleiben, indess seine folgends zu betrachtenden Versuche, obwohl nach ganz andrer Methode angestellt, mit meinen Versuchen im allgemeinen Gange so gut stimmen, als ich immer wünschen kann, nur den Zusatz zu den äussern Gewichten, wodurch sie nach meiner Ansicht noch zu corrigiren sind, erheblich grösser finden lassen, als er sich nach entsprechender Berechnung der meinigen unten finden wird.

Hering selbst sagt (p. 35) betreffs seiner Versuche mit den Gewichten von 250 bis 3000 Grammen, sie seien »im Allgemeinen in schöner Uebereinstimmung mit dem Ergebnisse der Fechnerschen Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle; die Abweichungen vom Weberschen Gesetze seien hier und dort ganz analog«, was sie in der That sind.

Den Heringschen Versuchen mit kleinen P von 10 bis 500 Grammen entsprechende aber habe ich überhaupt nicht angestellt, — die meinigen gehen nicht unter $P = 300$ Grm. herab —, weil mir Versuche mit sehr kleinen P überhaupt wegen des verhältnissmässig zu grossen Einflusses der störenden Umstände und insbesondere wegen einer von mir im Bereiche kleiner Gewichte bemerkten Anomalie (Elem. I. 197) für die Frage des Gesetzes nicht belangreich erschienen. Wenn jedoch Hering (p. 33) sagt: »dass Fechners Versuche keinen genügenden Ueberblick über die wesentlichen Thatsachen verschaffen, weil sich die Versuche bei seiner Methode nicht genügend variiren lassen, wenn man nicht Jahre dazu verwenden will«, so kann ich diesen Ausspruch nicht gerechtfertigt finden. Ich habe ja wirklich Jahre täglicher Arbeit dazu verwendet (Elem. I. 93), und weiss nicht, welche wesentliche Thatsachen Hering meinen kann, die sich nicht den von mir vorgenommenen Variationen der Versuche unterordneten; jedenfalls lassen die bisherigen vorläufigen Mittheilungen über die Heringschen Versuche die Frage übrig, ob dieselben in Bezug auf die zu berücksichtigenden wesentlichen Puncte, wohin ich vor Allem die zu eliminirenden constanten Fehler rechne, gleich variirt waren.

Ziehen wir jetzt die Heringschen Versuche selbst in Betracht, von welchen Hering die vorläufige Mittheilung giebt, so bieten sie in der Hauptsache nur eine neue Anwendung der im Vorigen in Bezug auf meine Versuche gemachten Bemerkungen dar; doch sind einige Puncte dabei besonders zu discutiren.

Es waren drei Versuchsreihen, von deren einer jedoch Hering nur kurz erwähnt (p. 36), dass dabei die Gewichte auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze aus stets gleicher, jedoch nur minimaler, Höhe herabfielen, und dass sie so wenig wie die andern zwei mit dem Weberschen Gesetze gestimmt haben; ohne dass er für jetzt auf Mittheilung von Zahlenergebnissen eingeht.

Bei einer andern Versuchsreihe »wurde ein Handtuch an den beiden zusammengelegten Enden gefasst, während in der so gebildeten Schlinge ein an drei Schnüren befestigter Holzteller hing, welcher die Gewichte trug. Handtuch, Schnüre und Teller wogen zusammen 250 Gramm.« Folgendes die Resultate. Darin bedeutet P das Hauptgewicht in Grammen, D »das kleinste, mit Sicherheit an der fühlbaren Gewichtszunahme erkannte Zusatzgewicht in Grammen«, $\varepsilon = \frac{D}{P}$ den eben merklichen relativen Gewichtsunterschied nach den Beobachtungen, ε' denselben von mir berechnet nach der Formel $\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$, worin 2273 Grammen das Armgewicht mit dem, was sonst etwa als mitbestimmend zum Gewichte P zuzurechnen ist, bedeutet.*) Hering postulirt, ohne Rücksicht auf einen zu P zu machenden Zusatz, zur Gültigkeit des Weberschen Gesetzes die approximative Uebereinstimmung der Werthe ε für die verschiedenen P, die nun freilich gänzlich fehl schlägt, ich die der Werthe ε', die sich vortrefflich bewährt findet. Die Zahlen bei den Versuchen no. 3, no. 9 und no. 11 sind eingeklammert, weil die zugehörigen Beobachtungs-D sich unmittelbar als fehlerhaft erweisen, denn no. 3 kann von Rechts wegen nicht mit no. 2, und no. 9 nicht mit no. 10 gleiches D geben, weil die P dabei verschieden sind, no. 11 aber fällt plötzlich von $D = 22$ auf $D = 28$. Bei diesen Versuchsnummern ist also keine Uebereinstimmung

*) Der Werth 2273 ist aus den Versuchen selbst berechnet, indem ich unter Ausschluss der drei fehlerhaftesten Beobachtungen von den übrigen acht die ersten vier und die zweiten vier Beobachtungen zur Erlangung zweier Gleichungen zusammenfasse, aus denen sich obiger Werth findet. Sei nämlich x der zu P zuzurechnende Werth, c eine Constante, so ist nach meiner Voraussetzung für Herings Versuche zu setzen $\frac{D}{P + x} = c$., mithin $D = cP + cx$ für den einzelnen Fall, und $\Sigma D = c\Sigma P + 4cx$ für summatorisch zusammengenommene vier Fälle. Aus zwei solchen Gleichungen aber lässt sich c und x berechnen.

stimmung mit den übrigen Werthen ε' zu verlangen, ungeachtet sie doch auch nicht stark von den andern abweichen. Dass überhaupt mehrere Versuchsnummern mit verschiedenem P doch gleiches D für die Beobachtung gaben, hängt daran, dass nach der Einrichtung der Versuche überhaupt nur mit Werthen von D, welche um ganze Grammen differirten, vorgeschritten wurde.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$
1)	250	12	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{21,0}$
2)	500	13	$\frac{1}{38}$	$\frac{1}{21,3}$
3)	750	(13)	$\frac{1}{58}$	$\left(\frac{1}{23,3}\right)$
4)	1000	15	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{21,8}$
5)	1250	16	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{22,0}$
6)	1500	17	$\frac{1}{88}$	$\frac{1}{22,2}$
7)	1750	19	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{21,2}$
8)	2000	20	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{21,4}$
9)	2250	(22)	$\frac{1}{102}$	$\left(\frac{1}{20,6}\right)$
10)	2500	22	$\frac{1}{114}$	$\frac{1}{21,7}$
11)	3000	(28)	$\frac{1}{98}$	$\left(\frac{1}{18,8}\right)$

Die nahe Uebereinstimmung der Werthe ε' bei so ausserordentlich von einander abweichenden P ist um so überraschender, als sie, bei dem Fortschritt der Beobachtungs-D nur um ganze Grammen, von vorn herein nicht zu erwarten war, und dürfte sich, in Betracht der hieraus nothwendig erwachsenden Versuchsfehler, überhaupt nur dadurch erklären, dass der, künftig allgemein mit x zu bezeichnende, constante Zusatzwerth 2273 zu den P sich bei diesen Versuchen so gross findet, dass er fast an die höchsten der angewandten P's reicht, was der Constanz der berechneten ε' zu statten kommen muss. Aber nicht nur kann die approximative Constanz der ε' nicht allein hievon abhängen, sondern man wird auch bei der unten folgenden nachträglichen Berechnung der ε' für

meine Versuche diese approximative Constanz bei weit geringerm Werthe von x wiederfinden.

Jedenfalls wird man sich nach dem Grade der Uebereinstimmung, welchen die ε' hier wie da zeigen, der Ueberzeugung nicht wohl verschliessen können, dass folgende zwei Voraussetzungen, auf welche sich ihre Berechnung gründet, im Rechte sind, sofern nur durch ihre zusammentreffende Richtigkeit eine solche Uebereinstimmung erklärbar ist: 1) dass das Webersche Gesetz fundamental besteht, 2) das Gewicht P aber wegen ihm äusserlicher Ursachen, welche seine Wirkung mitbestimmen, durch Zusatz eines constanten x corrigirt werden muss, um die Beobachtungen zum Gesetze stimmend zu finden, gleichviel, wovon diess x abhängt, wenn man nur überhaupt zugeben muss, dass das beobachtete D nicht von der Grösse des D allein abhängt, die mitbestimmenden Ursachen aber zum Theil noch im Dunkeln liegen.

Hering selbst hat bemerktermassen auf Ursachen, welche mitbestimmend wirken können, aufmerksam gemacht, hat selbst (p. 35) im Allgemeinen zugestanden, dass durch einen, etwa auf das Armgewicht zu rechnenden Zusatz*) zu jedem Hauptgewicht P »die Versuchsreihe in ziemlich guten Einklang mit der Forderung, dass Hauptgewicht und Zusatzgewicht dasselbe Verhältniss haben sollen, [d. h. mit dem Weberschen Gesetze] komme«, nur dass er keine Berechnung desshalb mittheilt und die Berechtigung einer Zurechnung des Armgewichts zunächst dahinstellt; dennoch findet er sich durch jenes Zugeständniss nicht gehindert, seine Versuchsreihe gegen das Gesetz geltend zu machen. Aber nach welchem Gesetze und welchen Voraussetzungen über die mitbestimmenden Umstände erklärt er dann jene Uebereinstimmung der ε'? Bis eine genügendere Repräsentation derselben gegeben ist, meine ich, dass sie, und zwar sehr entschieden, für dasselbe sprechen.

Zuzugestehen ist, dass 2273 Gramme zu viel für das blosse Armgewicht sein möchten; aber so lange nicht durch die erst zu erwartende speciellere Mittheilung der Versuche der Verdacht eines constanten Fehlers ausgeschlossen ist, muss es um so mehr erlaubt sein, die Zufügung eines solchen zum Armgewicht möglich

---

*) Hering nimmt dafür 1750 statt 2273 Grammen an, indem er wahrscheinlich die, von mir bei Berechnung des x ausgeschlossenen, drei fehlerhaften Versuche mit zugezogen hat.

zu halten, als meine eignen Versuche, deren Anstellungsweise die Ermittelung, und deren Berechnungsweise die Elimination constanter Fehler gestattete, bewiesen haben, welch' grosse Rolle constante Fehler in diesem Versuchsgebiete spielen, die unten folgende Berechnung des x aus den vom constanten Fehler befreiten Resultaten meiner Versuchsreihe aber zeigt, dass es hienach im Allgemeinen nicht grösser ausfällt, als man geneigt sein kann, auf das Moment des Armgewichts zu schreiben.*)

Jedoch zuvor wenden wir uns zu den Heringschen Versuchen mit kleinen Gewichten.

Diese, bei welchen die Gewichtseinheit wie oben der Gramm war, die Zusatzgewichte aber, statt nach ganzen Grammen, nach Zehntelgrammen variirten, wurden so angestellt, »dass ein kleiner Holzgriff, an welchem eine kleine Pappscheibe aufgehängt war, zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst, und so die auf der Pappscheibe liegenden Gewichte gehoben wurden, wobei der Arm ebenfalls nicht unterstützt war, sondern frei gehalten wurde.«

Die Resultate, wie oben verstanden (wobei die Columne ε' wieder von mir hinzugefügt ist), waren diese.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P+99,5}$ **)
1)	10	0,7	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{156}$
2)	50	1,7	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{88}$
3)	100	2,4	$\frac{1}{42}$	$\frac{1}{105}$
4)	200	3,6	$\frac{1}{56}$	$\frac{1}{83}$
5)	300	4,6	$\frac{1}{65}$	$\frac{1}{87}$
6)	400	5,2	$\frac{1}{77}$	$\frac{1}{96}$
7)	450	6,5	$\frac{1}{69}$	—
8)	500	25,5	$\frac{1}{20}$	—

*) Sollte bei den von Hering geltend gemachten Versuchen der Arm mit Tuch bekleidet gewesen sein, indess er bei mir nur mit einem leichten Hemdärmel bekleidet war, so könnte auch das zur Erklärung des Unterschiedes des dabei gefundenen x beitragen.

**) Bei Berechnung des Zusatzes 99,5 sind die Versuche no. 7 und 8,

Hering fügt hiezu folgende Bemerkungen: »Von einer Einrechnung des Gewichtes des hebenden Armes könnte hier nicht die Rede sein, schon desshalb nicht, weil dasselbe beiläufig nur mit 100 Grammen angenommen werden dürfte, sofern man die Versuchsreihe auch nur einigermassen mit der Fechnerschen Auffassung in Einklang bringen wollte. Ueberdiess bemerkt jeder, der Versuche nach der letzterwähnten Methode anstellt, dass man bei der Vergleichung der verschiedenen Gewichte seine Aufmerksamkeit lediglich auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, daher der sog. Muskelsinn hier nicht wesentlich in Betracht kommen kann. Einrechnung des Armgewichts aber hätte nur dann einen Sinn, wenn die Vergleichung auf Grund dieses angeblichen Muskelsinnes ausgeführt würde.«

Hiegegen finde ich meinerseits zu dieser Versuchsreihe zu bemerken, dass sie mir zwar betreffs der Thatfrage, wie sich die Werthe ε im Bereiche kleiner Gewichte und Gewichtszuwüchse verhalten, nicht ohne Interesse, für die Frage unsres Gesetzes aber, wie schon früher erinnert, ohne Belang erscheint. Dass im Bereiche kleiner Gewichte das Gesetz experimental nicht zutrifft, wissen wir ohne diese Versuche, und wenn damit gegen das von experimentalen Störungen befreite Gesetz entschieden werden könnte, wäre schon früher durch meine Versuche dagegen entschieden. Die Heringschen Versuche bestätigen in der That nur das Vorkommen der, schon bei meinen Versuchen gefundenen, Anomalie im Uebergange von $P = 300$ zu $P = 500$, sofern dabei der Nenner von ε sinkt, statt zu steigen, indess er nach Versuchen mit grösserm P wieder steigt*); und so lange die Thatsache dieser Anomalie anzuerkennen, deren Grund aber nicht bekannt ist, lässt sich über die Bedeutung und Verwerthung von Resultaten, die bei noch kleinerem P erhalten wurden, gar nichts sagen. Dass durch die Zurechnung von 99,5, oder wie Hering in runder Zahl setzt,

---

bei welchen der Nenner von ε sinkt, bei Seite gelassen, und die Berechnung nicht bis zu diesen fortgeführt.

*) Allerdings bei den obigen Versuchen Herings mit grösseren Gewichten findet sich diese Anomalie nicht im Uebergange von 250 zu 500 Grammen, und auch bei meinen Versuchen hat sie nicht unter allen Versuchsumständen stattgefunden; aber sie kommt überwiegend nach meinen Versuchen vor, wie man sich aus den Versuchstabellen in Elem. I. p. 190 ff. überzeugen kann.

ungefähr 100, zu *P* eine, immer nur ganz rohe, Annäherung an das Gesetz erhalten wird, ohne dass doch 100 Grammen das Armgewicht repräsentiren können, mag entweder so zu deuten sein, dass der bei sehr kleinen Gewichten spürbare Einfluss, von welchem die Anomalie abhängt, in entgegengesetztem Sinne wirkt, als die Vermehrung des Gewichts durch den Arm, oder dass bei den kleinen Gewichten vielmehr blos die Hand mit Hebung des Gewichtes aus dem Handgelenk als der ganze Arm betheiligt war.*) Dass man die Aufmerksamkeit bei diesen Versuchen blos auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, scheint mir an sich nichts dagegen zu beweisen, dass das Arm- oder Handgewicht an Entstehung dieser Empfindungen mit Antheil hat.

Hienach komme ich auf meine Versuche aus dem Gesichtspuncte der zwei Fragen zurück: 1) ob sie, wie die Heringschen mit den grössern Gewichten, durch Correction des *P* mittelst eines constanten x zu einem für die verschiedenen *P* übereinstimmenden ε' gebracht werden können; 2) welche Grösse dieses x hat.

In meinen Elementen habe ich von vorn herein von dem Versuche abgesehen, auf diesem Wege die Versuche stimmend zu machen, weil ich meinte, wegen der oben bemerkten Anomalie und der Zusammensetzung der Empfindung aus Druck- und Schwereempfindung könne eine solche Rechnung zu nichts führen (Elem. I. 197).**) Nachdem indess die Berechnung von Herings Versuchen ein so gut stimmendes Resultat gab, habe ich von meinen Reihen (Elem. I. 193) diejenigen, welche wegen nicht zu grosser Unregelmässigkeiten dazu geeignet schienen, nachträglich der Rechnung unterworfen, jedoch dabei natürlicherweise die Versuche bei $P = 300$ Grammen beiseite gelassen, wegen der Anomalie, die sich im Uebergange von da zu 500 Grammen zeigt. Hienach finde ich als den, zu jedem *P* zu machenden, mit x zu bezeichnenden, Zusatz für folgende Reihen (Elem. I. 193) folgende

*) Diesen Gedanken äusserte gelegentlich Herr Dr. Müller, Privatdocent in Göttingen, in einer mit ihm geführten Unterhaltung über Herings Versuche.

**) Die an diesem Orte angestellte eventuelle Trennungsrechnung ist nicht richtig geführt; worauf aber hier nichts ankommt, da eine Trennung hier nicht versucht wird. Ueberhaupt ist mir die Nothwendigkeit einer Trennungsrechnung zweifelhaft geworden.

stens dem Druck einer Platte gleich zu setzen sein. Damit, dass er vernachlässigt ist, verliert der ganze Versuch seine Beweiskraft.

Gemeinsam aber scheint mir gegen die beiden vorigen Versuche einzuwenden, dass sich der Vergleich der Unterschiede dabei überhaupt gar nicht unabhängig vom Vergleich der absoluten Gewichte halten lässt. Um den, wegen geringen Gewichts der Platte gemachten Einwand selbst auszuschliessen, liess ich eine Person, die von der Absicht der Versuche nichts wusste, beide Hände mit dem Rücken auf den Tisch legen, legte auf die eine Hand eine, die Hand etwa zur Hälfte deckende, Bleiplatte von 500 Grammen, auf die andre eine solche von 1000 Grammen, liess die Person die Augen schliessen, fügte zur ersten Platte eine zweite Platte von 500 Grammen, auf die zweite von 1000 Grammen, und fragte sie, welcher Zuwachs ihr grösser schiene, worauf ich die Antwort erhielt, das Gewicht auf der zweiten Hand wäre viel schwerer geworden, als auf der ersten, wie es schon vorher schwerer gewesen. Auf meine Bemerkung, »ich wolle aber nicht wissen, auf welcher Seite das Gewicht schwerer geworden, sondern auf welcher Seite der Zuwachs, den das vorher vorhandene Gewicht erfahren, grösser sei«, erhielt ich die Antwort: »ja sie (die Person) wisse nur immer das eine schwerer gewordene Gewicht mit dem andern zu vergleichen«, und ich vermochte sie nicht dahin zu bringen, zuzugestehen, dass sich auch die Zuwüchse unabhängig davon vergleichen lassen. Auch mir selbst schien es so, als ich den Vergleich an mir selbst anstellen liess, oder schien je nach der Richtung der Vorstellung bald so bald so, ohne dass ich auf mein Urtheil, als möglicherweise befangen, dabei viel geben will; nur muss ich nach dem Ausfalle voriger Versuche die Vorsicht anempfehlen, wenn man den Versuch von Andern wiederholen lässt, sich wirklich sicher zu stellen, dass sie nicht bei ihrer Aussage die Empfindung eines grössern Gewichtes mit der Empfindung eines grösseren Zuwachses verwechseln, eine Sicherstellung, die mir freilich ziemlich schwierig scheint.

Sollte sie dennoch gelingen, so gebe ich bereitwilligst zu, dass hieraus ein wesentlicher Einwand gegen die Anwendbarkeit des Gesetzes auf Gewichtsempfindungen erwachsen würde. Jedenfalls aber leidet diese Versuchsweise an einer schwer zu eliminirenden Complication, an welcher die andern Versuche Herings mit eben merklichen Unterschieden nicht eben so leiden.

Auch die Versuchsreihen IX. in Elem. I. 196, welche blos mit $P = 2000$ und $P = 3000$, einhändig und zweihändig, mit $D = 0{,}04\,P$ und $0{,}08\,P$ angestellt sind, geben Gelegenheit zur Berechnung von x, nur muss man sich dabei nicht an die einzelnen Reihen halten, da jede blos zwei Data zur Berechnung bietet, und x klein gegen so grosse P ist. Hält man sich an die Summen für sämmtliche Reihen, wonach

ΣhD bei $P = 2000$ ist 31186
» » » $= 3000$ » 32938

so findet man $x = 397{,}8$, was obigen Werthen ziemlich nahe kommt.

Es ist noch etwas räthselhaft, an welchen innern Gründen die Unterscheidung von Gewichtsgrössen überhaupt hängt, und ob sie im Sinne Webers wirklich von zweierlei Gründen abhängig zu machen ist. Bernhardt schreibt (im Arch. f. Psychiatrie III. 1872 p. 632):

»Bei Patienten, welche ihres Hautgefühls im höchsten Grade verlustig gegangen waren, welche über passiv ausgeführte Bewegungen nichts zu berichten wussten, keine Vorstellung über die Lage ihrer Glieder hatten und von den stärksten Inductionsströmen, welche ihre Muskeln energisch in Contraction versetzten, nichts empfanden, fand ich häufig den sog. Kraftsinn (namentlich bei zwei derartigen Patienten), die Fähigkeit Gewichte zu unterscheiden, relativ gut erhalten: ein Resultat, zu welchem auch Leyden in s. Unters. über Muskelsinn und Ataxie gelangte.«

Die Leydenschen Versuche (in Virchows Arch. XLVII. p. 327) sind in der That entscheidend dafür, dass »Kranke, welche in den Muskeln des Unterschenkels die Sensibilität ganz oder fast ganz verloren hatten [sofern sie nach den vorgängigen Prüfungen von den stärksten inducirten Strömen keine oder fast keine Empfindung hatten], die Schwere verschiedener Gewichte mit derselben Schärfe unterschieden als Gesunde.« Die Versuche darüber wurden nämlich mittelst eines eigenen am Fusse angebrachten Apparates vergleichungsweise mit mehreren Gesunden nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellt, und die gefundenen Werthe sind meist merkwürdig nahe übereinstimmend. Auch die Hautsensibilität war bei den Versuchssubjecten theils stark, theils nur mässig herabgestimmt.

XIX. v. Zahns Versuche über Farbencombinationen.

Da die Versuche Zahns, deren S. 172 im Interesse einer wichtigen Frage gedacht ist, in einer wenig verbreiteten Zeitschrift (Sitzungsber. d. Leipz. naturforsch. Gesellsch. 1874 no. 3 p. 25 ff.) enthalten sind, in Bezug auf diese Frage aber noch einer weitern Discussion zu unterziehen sein möchten, so theile ich dieselben zuerst mit den Worten des Verf., dann zur Erleichterung des Verständnisses in einer schematischen Darstellung mit, wobei a die Amplitude, n die Schwingungszahl, von welcher die Farbe abhängt, bedeuten soll.

Die Absicht des Verf. ging dahin, mittelst Versuchen nach der Methode der eben merklichen (oder verschwindenden) Unterschiede zu entscheiden, ob, wenn Farbenlicht einer Stelle eines andersfarbigen Grundes verstärkend hinzugefügt wird, dieser Ueberschuss (vom Verf. als zur Messung dienender Ueberschuss bezeichnet) von beliebiger Färbung sein darf, soll sich bei Abänderung seiner (von der Amplitude a abhängigen) Stärke das Webersche Gesetz bestätigen.

»In geeigneter Entfernung von dem Objective eines Zöllnerschen Astrophotometers wurde eine hinreichend constante Lichtquelle (Petroleumlampe) angebracht, die die Focalebene des Fernrohrs, in welcher das seitliche Rohr durch Spiegelung an einer Glasplatte das Bild einer erleuchteten kreisrunden Oeffnung entwirft, gleichmässig erhellt. — Man hatte dann durch das Vordernicol im Seitenrohre das Bild des Scheibchens so lange abzuschwächen, bis dieses eben aufhört sichtbar zu sein, und kann aus dem Drehungswinkel in bekannter Weise den Grad der Abschwächung ermitteln. — Ob nun der als Mass dienende Lichtüberschuss nur durch seine (physiologische) Intensität, nicht durch die Qualität seiner Färbung wirkte, musste sich folgendermassen ergeben. Nachdem vor das Fernrohr etwa ein blaues, dann ein gelbes Glas gebracht worden ist, erblickt man ein Scheibchen auf blauem resp. gelbem Grunde in der Farbe leuchtend, welches ihm die Colorimetervorrichtung (Quarzplatte mit Nicol) gerade ertheilt. Es wird dann in beiden Fällen das Scheibchen so lange abgeschwächt, bis es eben verschwindet, und der relative Grad seiner Lichtstärke ermittelt. Dem Verhältnisse dieser beiden Intensitäten

det sein können, und wenn ich auch nicht habe zugeben können, dass manche dieser Umstände bei meinen Versuchen zutreffen, so kann ich doch nicht behaupten, dass nicht andre wirklich in Betracht kommen; nur muss ich immer darauf zurückkommen, dass meiner Ansicht nach hiedurch vielmehr nur das Gesetz gestört und auf eine Approximation gebracht, als diese Approximation, wie sie sich doch bei den grösseren P in meinen Versuchen zeigt, hervorgebracht werden kann. Hering ist andrer Ansicht, und dieser Widerspruch wird zwischen uns bestehen bleiben, indess seine folgends zu betrachtenden Versuche, obwohl nach ganz andrer Methode angestellt, mit meinen Versuchen im allgemeinen Gange so gut stimmen, als ich immer wünschen kann, nur den Zusatz zu den äussern Gewichten, wodurch sie nach meiner Ansicht noch zu corrigiren sind, erheblich grösser finden lassen, als er sich nach entsprechender Berechnung der meinigen unten finden wird.

Hering selbst sagt (p. 35) betreffs seiner Versuche mit den Gewichten von 250 bis 3000 Grammen, sie seien »im Allgemeinen in schöner Uebereinstimmung mit dem Ergebnisse der Fechnerschen Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle; die Abweichungen vom Weberschen Gesetze seien hier und dort ganz analog«, was sie in der That sind.

Den Heringschen Versuchen mit kleinen P von 10 bis 500 Grammen entsprechende aber habe ich überhaupt nicht angestellt, — die meinigen gehen nicht unter $P = 300$ Grm. herab —, weil mir Versuche mit sehr kleinen P überhaupt wegen des verhältnissmässig zu grossen Einflusses der störenden Umstände und insbesondere wegen einer von mir im Bereiche kleiner Gewichte bemerkten Anomalie (Elem. I. 197) für die Frage des Gesetzes nicht belangreich erschienen. Wenn jedoch Hering (p. 33) sagt: »dass Fechners Versuche keinen genügenden Ueberblick über die wesentlichen Thatsachen verschaffen, weil sich die Versuche bei seiner Methode nicht genügend variiren lassen, wenn man nicht Jahre dazu verwenden will«, so kann ich diesen Ausspruch nicht gerechtfertigt finden. Ich habe ja wirklich Jahre täglicher Arbeit dazu verwendet (Elem. I. 93), und weiss nicht, welche wesentliche Thatsachen Hering meinen kann, die sich nicht den von mir vorgenommenen Variationen der Versuche unterordneten; jedenfalls lassen die bisherigen vorläufigen Mittheilungen über die Heringschen Versuche die Frage übrig, ob dieselben in Bezug auf die zu berücksichtigenden wesentlichen Puncte, wohin ich vor Allem die zu eliminirenden constanten Fehler rechne, gleich variirt waren.

Ziehen wir jetzt die Heringschen Versuche selbst in Betracht, von welchen Hering die vorläufige Mittheilung giebt, so bieten sie in der Hauptsache nur eine neue Anwendung der im Vorigen in Bezug auf meine Versuche gemachten Bemerkungen dar; doch sind einige Puncte dabei besonders zu discutiren.

Es waren drei Versuchsreihen, von deren einer jedoch Hering nur kurz erwähnt (p. 36), dass dabei die Gewichte auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze aus stets gleicher, jedoch nur minimaler, Höhe herabfielen, und dass sie so wenig wie die andern zwei mit dem Weberschen Gesetze gestimmt haben; ohne dass er für jetzt auf Mittheilung von Zahlenergebnissen eingeht.

Bei einer andern Versuchsreihe »wurde ein Handtuch an den beiden zusammengelegten Enden gefasst, während in der so gebildeten Schlinge ein an drei Schnüren befestigter Holzteller hing, welcher die Gewichte trug. Handtuch, Schnüre und Teller wogen zusammen 250 Gramm.« Folgendes die Resultate. Darin bedeutet P das Hauptgewicht in Grammen, D »das kleinste, mit Sicherheit an der fühlbaren Gewichtszunahme erkannte Zusatzgewicht in Grammen«, $\varepsilon = \frac{D}{P}$ den eben merklichen relativen Gewichtsunterschied nach den Beobachtungen, ε' denselben von mir berechnet nach der Formel $\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$, worin 2273 Grammen das Armgewicht mit dem, was sonst etwa als mitbestimmend zum Gewichte P zuzurechnen ist, bedeutet.*) Hering postulirt, ohne Rücksicht auf einen zu P zu machenden Zusatz, zur Gültigkeit des Weberschen Gesetzes die approximative Uebereinstimmung der Werthe ε für die verschiedenen P, die nun freilich gänzlich fehl schlägt, ich die der Werthe ε', die sich vortrefflich bewährt findet. Die Zahlen bei den Versuchen no. 3, no. 9 und no. 11 sind eingeklammert, weil die zugehörigen Beobachtungs-D sich unmittelbar als fehlerhaft erweisen, denn no. 3 kann von Rechts wegen nicht mit no. 2, und no. 9 nicht mit no. 10 gleiches D geben, weil die P dabei verschieden sind, no. 11 aber fällt plötzlich von $D = 22$ auf $D = 28$. Bei diesen Versuchsnummern ist also keine Uebereinstimmung

*) Der Werth 2273 ist aus den Versuchen selbst berechnet, indem ich unter Ausschluss der drei fehlerhaftesten Beobachtungen von den übrigen acht die ersten vier und die zweiten vier Beobachtungen zur Erlangung zweier Gleichungen zusammenfasse, aus denen sich obiger Werth findet. Sei nämlich x der zu P zuzurechnende Werth, c eine Constante, so ist nach meiner Voraussetzung für Herings Versuche zu setzen $\frac{D}{P + x} = c$., mithin $D = cP + cx$ für den einzelnen Fall, und $\Sigma D = c\Sigma P + 4cx$ für summatorisch zusammengenommene vier Fälle. Aus zwei solchen Gleichungen aber lässt sich c und x berechnen.

stimmung mit den übrigen Werthen ε' zu verlangen, ungeachtet sie doch auch nicht stark von den andern abweichen. Dass überhaupt mehrere Versuchsnummern mit verschiedenem P doch gleiches D für die Beobachtung gaben, hängt daran, dass nach der Einrichtung der Versuche überhaupt nur mit Werthen von D, welche um ganze Grammen differirten, vorgeschritten wurde.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$
1)	250	12	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{21,0}$
2)	500	13	$\frac{1}{38}$	$\frac{1}{21,3}$
3)	750	(13)	$\frac{1}{58}$	$\left(\frac{1}{23,3}\right)$
4)	1000	15	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{21,8}$
5)	1250	16	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{22,0}$
6)	1500	17	$\frac{1}{88}$	$\frac{1}{22,2}$
7)	1750	19	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{21,2}$
8)	2000	20	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{21,4}$
9)	2250	(22)	$\frac{1}{102}$	$\left(\frac{1}{20,6}\right)$
10)	2500	22	$\frac{1}{114}$	$\frac{1}{21,7}$
11)	3000	(28)	$\frac{1}{98}$	$\left(\frac{1}{18,8}\right)$

Die nahe Uebereinstimmung der Werthe ε' bei so ausserordentlich von einander abweichenden P ist um so überraschender, als sie, bei dem Fortschritt der Beobachtungs-D nur um ganze Grammen, von vorn herein nicht zu erwarten war, und dürfte sich, in Betracht der hieraus nothwendig erwachsenden Versuchsfehler, überhaupt nur dadurch erklären, dass der, künftig allgemein mit x zu bezeichnende, constante Zusatzwerth 2273 zu den P sich bei diesen Versuchen so gross findet, dass er fast an die höchsten der angewandten P's reicht, was der Constanz der berechneten ε' zu statten kommen muss. Aber nicht nur kann die approximative Constanz der ε' nicht allein hievon abhängen, sondern man wird auch bei der unten folgenden nachträglichen Berechnung der ε' für

meine Versuche diese approximative Constanz bei weit geringerm Werthe von x wiederfinden.

Jedenfalls wird man sich nach dem Grade der Uebereinstimmung, welchen die ε' hier wie da zeigen, der Ueberzeugung nicht wohl verschliessen können, dass folgende zwei Voraussetzungen, auf welche sich ihre Berechnung gründet, im Rechte sind, sofern nur durch ihre zusammentreffende Richtigkeit eine solche Uebereinstimmung erklärbar ist: 1) dass das Webersche Gesetz fundamental besteht, 2) das Gewicht P aber wegen ihm äusserlicher Ursachen, welche seine Wirkung mitbestimmen, durch Zusatz eines constanten x corrigirt werden muss, um die Beobachtungen zum Gesetze stimmend zu finden, gleichviel, wovon diess x abhängt, wenn man nur überhaupt zugeben muss, dass das beobachtete D nicht von der Grösse des D allein abhängt, die mitbestimmenden Ursachen aber zum Theil noch im Dunkeln liegen.

Hering selbst hat bemerktermassen auf Ursachen, welche mitbestimmend wirken können, aufmerksam gemacht, hat selbst (p. 35) im Allgemeinen zugestanden, dass durch einen, etwa auf das Armgewicht zu rechnenden Zusatz*) zu jedem Hauptgewicht P »die Versuchsreihe in ziemlich guten Einklang mit der Forderung, dass Hauptgewicht und Zusatzgewicht dasselbe Verhältniss haben sollen, [d. h. mit dem Weberschen Gesetze] komme«, nur dass er keine Berechnung desshalb mittheilt und die Berechtigung einer Zurechnung des Armgewichts zunächst dahinstellt; dennoch findet er sich durch jenes Zugeständniss nicht gehindert, seine Versuchsreihe gegen das Gesetz geltend zu machen. Aber nach welchem Gesetze und welchen Voraussetzungen über die mitbestimmenden Umstände erklärt er dann jene Uebereinstimmung der ε'? Bis eine genügendere Repräsentation derselben gegeben ist, meine ich, dass sie, und zwar sehr entschieden, für dasselbe sprechen.

Zuzugestehen ist, dass 2273 Gramme zu viel für das blosse Armgewicht sein möchten; aber so lange nicht durch die erst zu erwartende speciellere Mittheilung der Versuche der Verdacht eines constanten Fehlers ausgeschlossen ist, muss es um so mehr erlaubt sein, die Zufügung eines solchen zum Armgewicht möglich

---

*) Hering nimmt dafür 1750 statt 2273 Grammen an, indem er wahrscheinlich die, von mir bei Berechnung des x ausgeschlossenen, drei fehlerhaften Versuche mit zugezogen hat.

zu halten, als meine eignen Versuche, deren Anstellungsweise die Ermittelung, und deren Berechnungsweise die Elimination constanter Fehler gestattete, bewiesen haben, welch' grosse Rolle constante Fehler in diesem Versuchsgebiete spielen, die unten folgende Berechnung des x aus den vom constanten Fehler befreiten Resultaten meiner Versuchsreihe aber zeigt, dass es hienach im Allgemeinen nicht grösser ausfällt, als man geneigt sein kann, auf das Moment des Armgewichts zu schreiben.*)

Jedoch zuvor wenden wir uns zu den Heringschen Versuchen mit kleinen Gewichten.

Diese, bei welchen die Gewichtseinheit wie oben der Gramm war, die Zusatzgewichte aber, statt nach ganzen Grammen, nach Zehntelgrammen variirten, wurden so angestellt, »dass ein kleiner Holzgriff, an welchem eine kleine Pappscheibe aufgehängt war, zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst, und so die auf der Pappscheibe liegenden Gewichte gehoben wurden, wobei der Arm ebenfalls nicht unterstützt war, sondern frei gehalten wurde.«

Die Resultate, wie oben verstanden (wobei die Columne ε' wieder von mir hinzugefügt ist), waren diese.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P + 99,5}$ **)
1)	10	0,7	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{156}$
2)	50	1,7	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{88}$
3)	100	2,4	$\frac{1}{42}$	$\frac{1}{105}$
4)	200	3,6	$\frac{1}{56}$	$\frac{1}{83}$
5)	300	4,6	$\frac{1}{65}$	$\frac{1}{87}$
6)	400	5,2	$\frac{1}{77}$	$\frac{1}{96}$
7)	450	6,5	$\frac{1}{69}$	—
8)	500	25,5	$\frac{1}{20}$	—

*) Sollte bei den von Hering geltend gemachten Versuchen der Arm mit Tuch bekleidet gewesen sein, indess er bei mir nur mit einem leichten Hemdärmel bekleidet war, so könnte auch das zur Erklärung des Unterschiedes des dabei gefundenen x beitragen.

**) Bei Berechnung des Zusatzes 99,5 sind die Versuche no. 7 und 8,

Hering fügt hiezu folgende Bemerkungen: »Von einer Einrechnung des Gewichtes des hebenden Armes könnte hier nicht die Rede sein, schon desshalb nicht, weil dasselbe beiläufig nur mit 100 Grammen angenommen werden dürfte, sofern man die Versuchsreihe auch nur einigermassen mit der Fechnerschen Auffassung in Einklang bringen wollte. Ueberdiess bemerkt jeder, der Versuche nach der letzterwähnten Methode anstellt, dass man bei der Vergleichung der verschiedenen Gewichte seine Aufmerksamkeit lediglich auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, daher der sog. Muskelsinn hier nicht wesentlich in Betracht kommen kann. Einrechnung des Armgewichts aber hätte nur dann einen Sinn, wenn die Vergleichung auf Grund dieses angeblichen Muskelsinnes ausgeführt würde.«

Hiegegen finde ich meinerseits zu dieser Versuchsreihe zu bemerken, dass sie mir zwar betreffs der Thatfrage, wie sich die Werthe ε im Bereiche kleiner Gewichte und Gewichtszuwüchse verhalten, nicht ohne Interesse, für die Frage unsres Gesetzes aber, wie schon früher erinnert, ohne Belang erscheint. Dass im Bereiche kleiner Gewichte das Gesetz experimental nicht zutrifft, wissen wir ohne diese Versuche, und wenn damit gegen das von experimentalen Störungen befreite Gesetz entschieden werden könnte, wäre schon früher durch meine Versuche dagegen entschieden. Die Heringschen Versuche bestätigen in der That nur das Vorkommen der, schon bei meinen Versuchen gefundenen, Anomalie im Uebergange von $P = 300$ zu $P = 500$, sofern dabei der Nenner von ε sinkt, statt zu steigen, indess er nach Versuchen mit grösserm P wieder steigt*); und so lange die Thatsache dieser Anomalie anzuerkennen, deren Grund aber nicht bekannt ist, lässt sich über die Bedeutung und Verwerthung von Resultaten, die bei noch kleinerem P erhalten wurden, gar nichts sagen. Dass durch die Zurechnung von 99,5, oder wie Hering in runder Zahl setzt,

---

bei welchen der Nenner von ε sinkt, bei Seite gelassen, und die Berechnung nicht bis zu diesen fortgeführt.

*) Allerdings bei den obigen Versuchen Herings mit grösseren Gewichten findet sich diese Anomalie nicht im Uebergange von 250 zu 500 Grammen, und auch bei meinen Versuchen hat sie nicht unter allen Versuchsumständen stattgefunden; aber sie kommt überwiegend nach meinen Versuchen vor, wie man sich aus den Versuchstabellen in Elem. I. p. 190 ff. überzeugen kann.

ungefähr 100, zu P eine, immer nur ganz rohe, Annäherung an das Gesetz erhalten wird, ohne dass doch 100 Grammen das Armgewicht repräsentiren können, mag entweder so zu deuten sein, dass der bei sehr kleinen Gewichten spürbare Einfluss, von welchem die Anomalie abhängt, in entgegengesetztem Sinne wirkt, als die Vermehrung des Gewichts durch den Arm, oder dass bei den kleinen Gewichten vielmehr blos die Hand mit Hebung des Gewichtes aus dem Handgelenk als der ganze Arm betheiligt war.*) Dass man die Aufmerksamkeit bei diesen Versuchen blos auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, scheint mir an sich nichts dagegen zu beweisen, dass das Arm- oder Handgewicht an Entstehung dieser Empfindungen mit Antheil hat.

Hienach komme ich auf meine Versuche aus dem Gesichtspuncte der zwei Fragen zurück: 1) ob sie, wie die Heringschen mit den grössern Gewichten, durch Correction des P mittelst eines constanten x zu einem für die verschiedenen P übereinstimmenden ε' gebracht werden können; 2) welche Grösse dieses x hat.

In meinen Elementen habe ich von vorn herein von dem Versuche abgesehen, auf diesem Wege die Versuche stimmend zu machen, weil ich meinte, wegen der oben bemerkten Anomalie und der Zusammensetzung der Empfindung aus Druck- und Schwereempfindung könne eine solche Rechnung zu nichts führen (Elem. I. 197).**) Nachdem indess die Berechnung von Herings Versuchen ein so gut stimmendes Resultat gab, habe ich von meinen Reihen (Elem. I. 193) diejenigen, welche wegen nicht zu grosser Unregelmässigkeiten dazu geeignet schienen, nachträglich der Rechnung unterworfen, jedoch dabei natürlicherweise die Versuche bei $P = 300$ Grammen beiseite gelassen, wegen der Anomalie, die sich im Uebergange von da zu 500 Grammen zeigt. Hienach finde ich als den, zu jedem P zu machenden, mit x zu bezeichnenden, Zusatz für folgende Reihen (Elem. I. 193) folgende

---

*) Diesen Gedanken äusserte gelegentlich Herr Dr. Müller, Privatdocent in Göttingen, in einer mit ihm geführten Unterhaltung über Herings Versuche.

**) Die an diesem Orte angestellte eventuelle Trennungsrechnung ist nicht richtig geführt; worauf aber hier nichts ankommt, da eine Trennung hier nicht versucht wird. Ueberhaupt ist mir die Nothwendigkeit einer Trennungsrechnung zweifelhaft geworden.

Werthe von x*), und die durch Multiplication der hD mit $\frac{P+x}{P}$ corrigirten Werthe der hD**), welche hier die ε' zu vertreten haben, wie folgt:

Werthe $hD \frac{P+x}{P}$ für

P	Reihe VI. zweihändig $D = 0{,}04\,P$ $x = 487$	Reihe VI. zweihändig $D = 0{,}08\,P$ $x = 619$	Reihe VII. einhändig. Linke. $D = 0{,}08\,P$ $x = 418$	Summe
500	3881	8292	9632	21805
1000	3762	7507	7828	19097
1500	3675	8349	8217	20241
2000	3689	7902	7876	19467
3000	3831	7865	9210	20906

Man sieht, dass die, im Ganzen nicht bedeutenden, Abweichungen zwischen den so corrigirten hD, welche zu den verschiedenen P gehören, den Charakter rein zufälliger tragen. Wenn die zu den verschiedenen Reihen gehörigen Werthe von x, respectiv 487, 619 und 418 noch zu weit von einander abweichen, um ganz auf ein constantes Armgewicht bezogen werden zu können, so ist eben auch nicht zu behaupten, dass sie blos von diesem abhängen, und dass die Anomalie, welche im Uebergange von $P=300$ zu $P=500$ spürbar ist, nicht auch höher hinauf einen, je nach den Umständen der Versuche verschiedenen, Einfluss erstreckt.

*) Die Berechnung von x ist so geführt: Bezeichne ich die fünf zur Rechnung zugezogenen Versuche jeder Reihe von $P = 500$ an respectiv mit 1, 2, 3, 4, 5, so combinire ich zur Bestimmung von x einmal 1 und 2 in summirten Werthen mit 3, 4, 5; ein andresmal 1, 2, 3 mit 4, 5 und nehme das Mittel aus beiden Bestimmungen.

**) Diese Correction begründet sich so: Nach dem Princip der Methode müssen alle aus den $\frac{r}{n}$ abgeleiteten Werthe hD gleich ausfallen, wenn das Webersche Gesetz besteht, und zu den angewandten P's kein Zusatz x zu machen ist. Ist aber ein solcher zu machen, so muss jedes D und mithin hD, als proportional mit P genommen, noch im Verhältniss von $P + x : P$ geändert werden, um constante $hD \cdot \frac{P+x}{P}$ bei den verschiedenen P erwarten zu können.

Auch die Versuchsreihen IX. in Elem. I. 196, welche blos mit $P = 2000$ und $P = 3000$, einhändig und zweihändig, mit $D = 0{,}04\,P$ und $0{,}08\,P$ angestellt sind, geben Gelegenheit zur Berechnung von x, nur muss man sich dabei nicht an die einzelnen Reihen halten, da jede blos zwei Data zur Berechnung bietet, und x klein gegen so grosse P ist. Hält man sich an die Summen für sämmtliche Reihen, wonach

ΣhD bei $P = 2000$ ist 31186
» » » $= 3000$ » 32938

so findet man $x = 397{,}8$, was obigen Werthen ziemlich nahe kommt.

Es ist noch etwas räthselhaft, an welchen innern Gründen die Unterscheidung von Gewichtsgrössen überhaupt hängt, und ob sie im Sinne Webers wirklich von zweierlei Gründen abhängig zu machen ist. Bernhardt schreibt (im Arch. f. Psychiatrie III. 1872 p. 632):

»Bei Patienten, welche ihres Hautgefühls im höchsten Grade verlustig gegangen waren, welche über passiv ausgeführte Bewegungen nichts zu berichten wussten, keine Vorstellung über die Lage ihrer Glieder hatten und von den stärksten Inductionsströmen, welche ihre Muskeln energisch in Contraction versetzten, nichts empfanden, fand ich häufig den sog. Kraftsinn (namentlich bei zwei derartigen Patienten), die Fähigkeit Gewichte zu unterscheiden, relativ gut erhalten: ein Resultat, zu welchem auch Leyden in s. Unters. über Muskelsinn und Ataxie gelangte.«

Die Leydenschen Versuche (in Virchows Arch. XLVII. p. 327) sind in der That entscheidend dafür, dass »Kranke, welche in den Muskeln des Unterschenkels die Sensibilität ganz oder fast ganz verloren hatten [sofern sie nach den vorgängigen Prüfungen von den stärksten inducirten Strömen keine oder fast keine Empfindung hatten], die Schwere verschiedener Gewichte mit derselben Schärfe unterschieden als Gesunde.« Die Versuche darüber wurden nämlich mittelst eines eigenen am Fusse angebrachten Apparates vergleichungsweise mit mehreren Gesunden nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellt, und die gefundenen Werthe sind meist merkwürdig nahe übereinstimmend. Auch die Hautsensibilität war bei den Versuchssubjecten theils stark, theils nur mässig herabgestimmt.

Gewichtsversuche so gut einer bedeutenden untern Abweichung unterliegt, als in andern Gebieten, beweist aber hier nicht mehr als in andern Gebieten gegen das reine Gesetz, wie sich solches ohne die Gründe experimentaler Abweichungen geltend machen würde, sofern sich ein ganz bestimmter Grund für die untere experimentale Abweichung angeben lässt, der um so mehr an relativem Einfluss verliert, je höher die Gewichte ansteigen, ausserdem noch andre Nebenumstände möglicherweise relativ störender für Versuche mit kleinen als grossen Gewichten sein können. Der bestimmt angebbare Grund liegt darin, dass zu den als Hauptgewicht P und Vergleichsgewicht P' in Rechnung gebrachten äusseren Gewichten noch ein Gewichtsmoment des mitgehobenen Armes zuzufügen, um die Rechnung stimmend zu finden; nur ist theils fraglich, wie viel in dieser Hinsicht zuzurechnen, theils wie es zuzurechnen, wenn, wie es die Ansicht Webers ist, diese Versuche nur für eine zusammengesetzte Empfindung von Druck und Schwere gelten, indem durch das Armgewicht doch nur die Schwere wachsen könnte. Jedenfalls vernachlässigen kann man das Armgewicht nicht desshalb, weil es unserm Körper selbst angehört, denn jeder fühlt doch die Schwere seines eignen Körpers, wenn er einen Berg oder eine Treppe hinansteigen soll, und lässt einen müden Arm hängen, weil er dessen Schwere fühlt. Allgemein aber kann man sagen: sofern es überhaupt wahrscheinlich ist, dass unsere Empfindungsnerven mit derselben psychophysischen Thätigkeit, welche durch äussere Reize in ihnen erweckt oder gesteigert werden kann, schon natürlicherweise bis zu gewissem Grade (meist nur unter der Schwelle) geladen sind, so werden die Nerven, mittelst deren wir Druck und Schwere empfinden, auch keine Ausnahme davon machen, also zum äussern Gewichte ein Zuwachs aus diesem Gesichtspuncte zu fügen sein, der unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen Personen verschieden sein kann. Auch wird das Gewichtsmoment des hebenden Armes selbst natürlich in verschiedener Weise in Rechnung kommen, je nachdem zur Hebung des äussern Gewichts der ganze Arm, oder blos Vorderarm, oder gar nur die Hand in Anspruch genommen wird.

Aber mag es sein, dass die Zurechnung des Armgewichts nicht oder nicht überall ausreicht, die untere Abweichung zu decken, so hat ja Hering selbst (s. oben S. 49) eine ganze Reihe Umstände geltend gemacht, wodurch Störungen bei den Versuchen verschul-

musste das der verschiedenfarbigen Strahlenbündel, welche in das Fernrohr eintreten, gleich sein, und es müsste sich immer das nämliche Verhältniss ergeben, die Farbe des Scheibchens sei, welche sie wolle, wenn anders die Hypothese von der unbeschränkten Geltung des Weber-Fechnerschen Gesetzes auf Bestimmungen von objectivem Werthe führen sollte.

Meine Versuche ergaben nun das Gegentheil. Indem ich etwa ein blau und ein gelb erleuchtetes Sehfeld durch ein gelb leuchtendes Scheibchen verglich, erhielt ich für die Intensitäten ein anderes Verhältniss, als durch ein blaues Scheibchen. So z. B. in einem Falle:

Verhältniss	von	Gelb	zu	Blau,	gemessen	durch Gelb:	6,47
»	»	»	»	»	»	» Blau:	1,69

das erstere also fasst das vierfache des letztern.

Verhältniss	von	Grün	zu	Roth,	gemessen	durch Grün:	8,96
»	»	»	»	»	»	» Roth:	3,08

Man erkennt an diesen eminenten Unterschieden, dass die Farbenqualität des Lichtüberschusses von grösstem Einflusse auf dessen Merklichkeit ist, und somit eine objective Definition qualitativ verschiedener Lichtquanta durch das Fechnersche Gesetz nicht möglich ist.

Die Gesammtheit der Versuche liess mich deutlich erkennen, dass jene Unterschiede auf einer einseitigen Bevorzugung gewisser Farbengegensätze beruhen. So erkennt man z. B. selbst geringe Spuren von Gelb auf blauem Grunde und beide Farben verschmelzen sich nicht zu einem Eindrucke, während Blau auf Gelb bald nicht mehr als besondere Farbennüance erkannt wird. Ganz Analoges gilt für Grün und Roth.

Weitere Bestimmungen führte ich aus, indem ich das Colorimeter aus dem Seitenrohr entfernte und das Scheibchen durch Stücke der Gläser, welche vor das Objectiv des Fernrohrs gebracht wurden, färbte. Hier traten die nämlichen Differenzen, theilweise noch entschiedener hervor. So fand sich z. B.:

Verhältniss	Blau	zu	Gelb,	gemessen	durch Gelb:	6,76
»	»	»	»	»	» Blau:	2,91
»	Grün	»	Roth,	»	» Grün:	7,77
»	»	»	»	»	» Roth:	1,05

Von anderen Bestimmungen führe ich noch an:

Verhältniss	Blau	zu	Gelb,	gemessen	durch	Roth:	3,56
»	»	»	»	»	»	Gelb:	2,59
»	»	»	»	»	»	Weiss*):	2,42
»	»	»	»	»	»	Blau:	1,70
»	»	»	»	»	»	Grün:	1,09

Meine Versuche stellen es also ausser Zweifel, dass bei Anwendung verschiedenfarbiger Lichtüberschüsse kein vergleichbares Mass gegebener Lichtquellen geliefert wird, und der Begriff der Lichtintensität bleibt also im physiologischen Sinne vollständig unbestimmt. Man könnte aber fragen, ob nicht unter Verzichtleistung auf eine objective Definition man wenigstens auf praktisch vergleichbare Resultate käme, wenn man alle Messungen auf eine Normalfarbe (Lampenlicht, Natronflamme u. dergl.) bezöge. Auch diese Annahme ist unstatthaft. — Indem ich nämlich vor das Fernrohr des Photometers verschiedene Rauchgläser brachte, erhielt ich, wie sofort einleuchtet, durch Vertauschung der bunten Gläser Paare von Lichtbündeln, deren Intensitäten stets das nämliche Verhältniss hatten, sich aber der absoluten Grösse nach unterschieden. Es zeigte sich dann das nach dem Weberschen Gesetze aus den Versuchen berechnete Verhältniss in hohem Grade von der absoluten Quantität abhängig; es war z. B. das Verhältniss von Grün zu Roth gemessen durch Grün resp. 2,4, 3,8, 7,0 mal so gross als dasselbe Verhältniss gemessen durch Roth. Die Zunahme dieser Zahlen entspricht der Abnahme der Lichtstärke, wie ich von vorn herein erwarten liess, da mit steigender Intensität die Farben an Sättigung verlieren. Meine Versuche gestatten noch nicht den genaueren Zusammenhang der erwähnten Veränderungen zu ermitteln, auch würden offenbar in dieser Hinsicht Resultate von allgemeiner Geltung nur unter Anwendung von Spectralfarben sich erzielen lassen, die einen speciell construirten Apparat voraussetzt, sowie bei der verhältnissmässigen Ungenauigkeit**) der angewandten Methode sehr ausgedehnte oft wiederholte Beobachtungsreihen erforderlich sein.«

---

*) »Lampenlicht.«

**) »Dieselbe war viel grösser als die vorhandenen Angaben erwarten liessen.«

Folgendes das Schema der ersten Versuchsweise.

1) Einmal auf blauen Grund von der unbekannten Intensität B und ein andresmal auf gelben Grund von der unbekannten Intensität G wird ein gelbes Lichtscheibchen von der unbekannten Intensität g projicirt, dessen Intensität verstärkend zu der des Grundes hinzutritt, so dass erstenfalls das Intensitätsverhältniss von blossem Grund und durch das Scheibchen verstärktem Grund ist $\frac{B}{B+g}$, zweitenfalls $\frac{G}{G+g}$. Es wird nun das g des Scheibchens (ohne Aenderung seines n) in bekanntem Verhältniss abgeschwächt, bis das Scheibchen für das Auge im Grunde verschwindet, wobei sich g erstenfalls auf mg, zweitenfalls auf $m'g$ reducirt, mithin sich reducirt

$$\frac{B}{B+g} \text{ auf } \frac{B}{B+mg}, \quad \text{und } \frac{G}{G+g} \text{ auf } \frac{G}{G+m'g}$$

2) Einmal auf blauen Grund von der vorigen Intensität B, und ein andermal auf gelben Grund von der Intensität G wird ein blaues Scheibchen von der Intensität b projicirt und wie vorhin verfahren, wobei sich erstenfalls b auf μb, zweitenfalls auf $\mu' b$ reducirt, mithin sich reducirt

$$\frac{B}{B+b} \text{ auf } \frac{B}{B+\mu b}, \quad \text{und } \frac{G}{G+b} \text{ auf } \frac{G}{G+\mu' b}$$

Nun müssen nach Weberschem Gesetze alle Verhältnisse, wo das Verschwinden stattfindet, gleich sein; mithin:

$$\frac{B}{B+mg} = \frac{G}{G+m'g} = \frac{B}{B+\mu b} = \frac{G}{G+\mu' b} \qquad (1)$$

Das giebt als Bedingung für das Webersche Gesetz,

$$\frac{G}{B} = \frac{G+m'g}{B+mg} \text{ gemessen durch Gelb,}$$

$$\frac{G}{B} = \frac{G+\mu' b}{B+\mu b} \text{ gemessen durch Blau.}$$

Hienach

$$\frac{m'}{m} = \frac{\mu'}{\mu}$$

wogegen v. Zahn fand

$$\frac{m'}{m} = 6{,}44, \quad \frac{\mu'}{\mu} = 1{,}59,$$

mithin starke Ungleichheit statt Gleichheit.

Bei der zuletzt angegebenen Versuchsweise sind B und G in

den vier Quotienten noch mit demselben Abschwächungsfactor x für den Fall des Verschwindens vom Scheibchen im Grunde multiplicirt zu denken. Je nachdem nun dieser grösser oder kleiner war, zeigten sich neue Verschiedenheiten zwischen den Werthen $\frac{m'}{m}$ und $\frac{\mu'}{\mu}$.

Was ich gegen die völlig bindende Kraft dieser Versuche einzuwenden wüsste, wäre etwa Folgendes: Nach den Erörterungen S. 171 f. liesse sich denken, dass die vier Verhältnisse, bei denen aller Unterschied des Scheibchens vom Grunde verschwand, in der That nicht als mathematisch gleich, sondern in verschiedenem Grade unter der Unterschiedsschwelle oder Verhältnissschwelle der Gesammtstärke des Eindruckes waren. Und da bei den Versuchen nicht beide Componenten des Unterschiedes in gleichem Verhältnisse abgeschwächt wurden, wie es bei Versuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes streng genommen zur Vermeidung störender Einwirkungen Seitens abgeänderter Contrastverhältnisse nach Abschnitt XI. nöthig erscheint, so kann auch hievon eine Störung besorgt werden; doch muss zugestanden werden, dass diese Umstände, kämen sie erheblich in Betracht, bei den so variirten Versuchen des Verf. schwerlich eine solche Zusammenstimmung der Resultate seiner Versuche hätten bestehen lassen, als stattgefunden.

XX. Ueber die Frage nach dem Grundmasse der psychophysischen Thätigkeit.

Soll die Stärke der Empfindung von der Stärke der psychophysischen Thätigkeit in functionelle Abhängigkeit gesetzt werden*), so fragt sich natürlich, worin man das Mass der psychophysischen Thätigkeit selbst sucht. Nun ist diese Thätigkeit jedenfalls

---

*) Der Ansicht von Bernstein, dass die Empfindung vielmehr von dem Verschwinden als dem Dasein lebendiger Kraft abhängig zu machen sei, ist S. 147 gedacht.

als ein Bewegungsprocess zu fassen, und so bietet sich zunächst als das natürlichste dar, das Mass der psychophysischen Thätigkeit in der lebendigen Kraft, Product aus Masse m in das Quadrat (oder halbe Quadrat) der Geschwindigkeit v, welche in dem Bewegungsprocess entwickelt wird, zu suchen; dabei macht sich aber gleich die Bemerkung geltend, dass im Falle der Statthaftigkeit unsrer psychophysischen Formeln sowohl die Masse als die quadratische Potenz der Geschwindigkeit sich daraus eliminiren. Denn setzen wir in der Fundamentalformel und Massformel $m\mathrm{v}^2$ für β, $m\mathrm{V}^2$ als Schwellenwerth von $m\mathrm{v}^2$ für b, so geht $\frac{\partial\beta}{\beta}$ über in $\frac{2m\mathrm{v}\partial\mathrm{v}}{m\mathrm{v}^2} = \frac{2\partial\mathrm{v}}{\mathrm{v}}$, und $\log\frac{\beta}{b}$ in $2\log\frac{\mathrm{v}}{\mathrm{V}}$; der Coefficient 2 aber fliesst mit dem constanten Coefficienten K oder k zusammen. Auch das Vorzeichen der Geschwindigkeit, ob sie die eine oder entgegengesetzte Richtung hat, eliminirt sich, indem dasselbe Vorzeichen im Zähler und Nenner unsrer Ausdrücke auftritt, und es kommt also nur der absolute Werth der Geschwindigkeit in Rücksicht. Also könnte das Mass der psychophysischen Thätigkeit auch einfach in der, darin entwickelten, einfachen Geschwindigkeit gesucht und hiemit v nach seinem absoluten Werthe für β in die Formeln substituirt werden.

Fundamental nun wird man bei mathematischer Behandlung des Empfindungsmasses auf die Geschwindigkeit an einem gegebenen Puncte in einem gegebenen Momente zurückzugehen und hievon als vom Masse elementarer psychophysischer Thätigkeit das Element einer Empfindung abhängig zu machen haben; hienach aber, da wir in Wirklichkeit weder elementare Geschwindigkeiten noch elementare Empfindungen beobachten können, für Zwecke der Erfahrung die Summe der Geschwindigkeiten, die sich in einer endlichen Zeit, an einer gegebenen Zahl von Puncten entwickelt, durch Integration aus den elementaren Geschwindigkeiten zu bestimmen und hievon die während derselben Zeit durch dieselben Puncte entwickelte Empfindung functionell abhängig zu machen haben, wie ich am Beispiel einer einfachen Schwingung in den Elem. II. Kap. 32 zu zeigen gesucht habe.

Von andrer Seite weiss man (Elem. II. 166), dass die lebendige Kraft von Schwingungen, die während einer gegebenen Zeit vor sich gehen, also die Summe $m\mathrm{v}^2$ proportional a^2n^2 ist, worin a

die Amplitude, n die Schwingungszahl ist. Hienach wird man, bei Anwendung unsrer Formeln auf psychophysische Schwingungen, $\beta = a^2 n^2$ oder, sofern sich die Potenz eliminirt, $= a n$ setzen können, vorausgesetzt, dass wirklich das elementare Mass der psychophysischen Thätigkeit im einfachen Masse der Geschwindigkeit zu suchen ist, was dann der Fall sein wird, wenn diese Voraussetzung den Thatsachen der Beobachtung hinreichend entspricht.

Es steht aber der Möglichkeit solcher Annahme die andere, und vielleicht an sich wahrscheinlichere, Annahme gegenüber (Elem. II. 223. 235), dass statt absoluter Geschwindigkeiten Aenderungen der Geschwindigkeit, was ich auch wohl Geschwindigkeiten zweiter Ordnung nenne, und kurz mit 𝔳 bezeichne, als Elementarmass psychophysischer Thätigkeit für β in unsere Formeln zu substituiren seien, um hievon das Elementarmass der Empfindung abhängig machen und von da durch Summation (Integration) zum Masse einer, an Schwingungen geknüpften, beobachtbaren Empfindung übergehen zu können. Nach der Hypothese der v, um Kürze halber so zu sprechen, würde sich Empfindung sogar an psychophysische Bewegungen von constanter Geschwindigkeit oberhalb der Schwelle knüpfen, nach der Hypothese der 𝔳 nur an Bewegungen, sofern sie Aenderungen der Geschwindigkeit einschliessen, welcher Bedingung Schwingungsbewegungen im Allgemeinen vortrefflich entsprechen.*) In so weit wir aber voraussetzen, dass die psychophysischen Bewegungen wirklich die Natur von Schwingungen haben, ist es für die Massverhältnisse der davon abhängigen Empfindungen gleichgültig, ob wir für β die lebendige Kraft $m\mathrm{v}^2$ oder einfache Geschwindigkeit v oder die Geschwindigkeitsänderungen 𝔳 setzen, so lange die Schnelligkeit der Schwingungen n, also Tonhöhe beim Schall, Farbe beim Licht constant und die Form der Schwingungen dieselbe bleibt, mithin die Aenderungen der Intensität der Empfindung blos von Aenderungen

*) Circuläre Schwingungen freilich gehen mit constanter Geschwindigkeit vor sich, doch könnten solche, falls sie in uns vorkämen, immerhin in so fern Träger von Empfindung sein, als die allgemeine psychophysische Thätigkeit, welche unserm Bewusstsein unterliegt, als oscillatorische gefasst, sich damit zusammensetzt und dadurch abändert. Ausserdem darf man nicht ohne Weiteres voraussetzen, dass äussere circuläre Schwingungen auch solche in uns hervorrufen.

der Amplitude a abhängig sind, indem die Aenderungen der Geschwindigkeit in jeder Schwingung dann den darin entwickelten Geschwindigkeiten selbst in jedem Momente einfach proportional gehen, bei Verdoppelung der Amplitude a also in jedem Momente sich zugleich v und $\mathfrak{v}$ verdoppelt, die Beziehung auf die einfache Geschwindigkeit und auf die lebendige Kraft als Mass der psychophysischen Thätigkeit aber angegebenermassen zu demselben Resultate führt.

Wo sich jedoch n unabhängig von a ändert, geht die Proportionalität der Aenderung von $\mathfrak{v}$ mit v in jedem Moment verloren, und macht es, wie ich finde, bei der Summation für ganze Empfindungen einen Unterschied, ob man in die, auf die Elemente der psychophysischen Thätigkeit und Empfindung bezogenen, Formeln v oder $\mathfrak{v}$ für β substituirt. In der That habe ich in Elem. II. 218. 223 gezeigt, dass nach der Hypothese der v die Intensität einer, an die einfachste Schwingungsform geknüpften, Empfindung proportional log an, nach der Hypothese der $\mathfrak{v}$ aber proportional log an^2 anzunehmen, und in unsre Formeln für Empfindungen endlicher Grösse, die sich an einfachste Schwingungen knüpfen, nach erster Hypothese an, nach zweiter an^2 für β zu substituiren ist.

Nämlich so:

Setzen wir erst voraus, die Empfindung hänge von v ab, und nehmen an, jeder Werth von v, der einen gewissen Schwellenwerth $\mathfrak{b}$ übersteigt, gebe einen positiven Beitrag zur Empfindung, die an eine ganze einfache gradlinige Schwingung geknüpft ist, so wird das Empfindungselement $\gamma\,\partial t$, was während des Zeitelementes ∂t stattfindet, unter Zugrundelegung der Massformel gegeben sein durch

$$\gamma\,\partial t = k \log \frac{\mathrm{v}}{\mathfrak{b}} \cdot \partial t$$

v aber ist nach bekannter Formel

$$= \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau}$$

worin a die Amplitude, τ die Schwingungsdauer, t die vom Anfange der Schwingung an verflossene Zeit, π die Ludolfsche Zahl oder der halbe Kreisumfang, wenn der Radius = 1.

Die, während einer ganzen Schwingung entwickelte Empfindungssumme S_τ ist hienach

$$S_\tau = k \int_0^\tau \log \left(\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau} \right) \partial t$$

$$= k \int_0^\tau \log \frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\tau} \partial t + k \int_0^\tau \log \sin \frac{2\pi \tau}{\tau} \partial t$$

$$= k\,(P + Q)$$

Durch Integration findet sich

$$P = \tau \log \frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\tau}, \qquad Q = \tau \log \frac{1}{2}$$

mithin

$$S_\tau = k\tau \log \frac{\pi a}{\mathfrak{b}\tau}$$

Sei jetzt angenommen, dass die Empfindung vielmehr von $\mathfrak{v}$ im Sinne der Massformel abhänge, und sei $\mathfrak{b}$ der Schwellenwerth von $\mathfrak{v}$ im obigen Sinne, so ist

$$\gamma \partial t = k \log \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}} \partial t$$

$$\mathfrak{v} \text{ aber} = \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{4\pi^2 a}{\tau^2} \cos \frac{2\pi t}{\tau}$$

hienach, mittelst gleicher Behandlung,

$$S_\tau = k\tau \log \frac{4\pi^2 a}{\mathfrak{b}\tau^2}$$

Da τ umgekehrt proportional mit der Schwingungszahl n, so kann man in diesen Formeln für τ setzen $\frac{1}{n}$.

Diess nun macht in der Erfahrung folgenden Unterschied. Wenn bei Aenderung sowohl von a als n doch das Product beider an, mithin auch die lebendige Kraft a^2n^2 sich gleich bleibt, indem sich a und n in umgekehrtem Verhältnisse zu einander ändern, so bleibt sich nach erster Hypothese auch die Intensität der Empfindung gleich; wogegen nach der zweiten Hypothese trotzdem, dass an oder a^2n^2 sich gleich bleibt, doch die Intensität der Empfindung, als gemessen durch $\log an^2 = \log an + \log n$, um so mehr wächst, je mehr n wächst, also z. B. wenn dieselbe Saite, einmal schwach gespannt, das andremal stark gespannt, mit gleicher lebendiger Kraft angeschlagen wird, somit auch mit gleicher lebendiger Kraft schwingt, doch der höhere Ton der ersten noch aus grösserer Ferne gehört werden muss, als der Ton der letztern;

indess er nach der v-Hypothese beidesfalls in gleicher Entfernung unhörbar werden muss.

Nun sind alle Versuche mit oscillatorischen Reizen, welche zur Bewährung des Weberschen Gesetzes führen, wirklich unter solchen Umständen angestellt, dass blos a aber nicht n sich ändert, die Lichtversuche nämlich mit weissem Licht oder mit Farbenlicht derselben Art, die Schallversuche mit Schallintensitäten ohne bestimmte Höhe überhaupt, und solche Versuche können also nichts für die Frage entscheiden, ob man das elementare Mass der psychophysischen Thätigkeit vielmehr auf absolute Geschwindigkeiten oder Aenderungen der Geschwindigkeit zu beziehen habe. Unter Voraussetzung aber, dass die, nur für den Fall einfachster Schwingungen geführte, Rechnung doch auch für zusammengesetzte, wie sie in Wirklichkeit vorkommen, eine mindestens approximative Anwendung finde, lassen sich nun Versuche zur Entscheidung anstellen. Die von mir wirklich in diesem Sinne angestellten Versuche (Elem. II. 174. 560 ff.) haben wegen einer dabei nicht zu eliminirenden Störung die gehoffte Entscheidung nicht herbeizuführen vermocht. Hiegegen dürfte diese Entscheidung durch Versuche mit der Sirene von Helmholtz (Lehre von d. Tonempfind. 1. Aufl. Abschn. IX. p. 263) und von J. J. Müller*) (Ber. d. sächs. Soc. 1871 p. 119) zu Gunsten der Form an^2 vor an und hiemit zu Gunsten der ꝺ-Hypothese vor der v-Hypothese gegeben sein. Ich kann jedoch nicht behaupten, dass die Substitution von an^2 für β in unsren Formeln bei jeder Schwingungszusammensetzung und Schwingungsform ihre Gültigkeit behalte; auch ist in Rücksicht zu ziehen, dass die Beobachtungen nur an Schwingungen ausser unserm Auge und Ohr angestellt werden können, ohne dass wir eine Uebertragung derselben ins Innere in gleicher Zusammensetzung und Form behaupten können, wie denn selbst ein einfacher objectiver Ton doch mit dem entsprechenden Tone harmonische Obertöne innerlich auslöst und ein homogener Farbenstrahl

*) Indem Müller in die Massformel $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$ für β die lebendige Kraft der Schwingungen a^2n^2 substituirt, findet er sich durch den Erfolg dieser Versuche veranlasst anzunehmen, dass k und b für verschiedene Tonhöhen verschiedene Werthe haben, k beim Aufsteigen in der Tonscala zunehme, b abnehme. Substituirt man für β vielmehr an^2, so fällt die Nöthigung, eine solche Variabilität von k und b anzunehmen, weg.

nach den S. 134 ff. gemachten Bemerkungen eine Zusammensetzung von Farbenschwingungen innerlich hervorlocken dürfte. Kurz hier ist noch ein bis jetzt dunkles Feld für künftige Untersuchungen.

In so weit die Substituirbarkeit von an^2 für β in unsere Formeln statthaft sein sollte, würde sich der Ausdruck für das Webersche Gesetz in der Fundamentalformel so gestalten.

$$\partial\gamma = K\frac{\partial\cdot(an^2)}{an^2} = K\left(\frac{\partial a}{a} + \frac{2\partial n}{\partial n}\right)$$

also die Constatirung des Weberschen Gesetzes bezüglich der Gesammtstärke oder Intensität in der That an der blossen Beobachtung der Aenderungen von a nur geschehen können, wenn n constant und mithin $\partial n = 0$, oder an der blossen Aenderung von n, wenn a constant und mithin $\partial a = 0$, aber auch bei Substituirung von an statt an^2 dasselbe gelten, indem hier für $2\frac{\partial n}{n}$ nur einfach $\frac{\partial n}{n}$ eintritt.

Sollten künftige Versuche für den Fall der Variation von n bei Constanz von a der, vom Weberschen Gesetze geforderten, Constanz von $\partial\gamma$ bei Constanz von $\frac{\partial n}{n}$ nicht hinreichend entsprechen, worüber sich bis jetzt nichts voraussagen lässt, so müsste der Grund entweder darin gesucht werden, dass die, auf die einfachsten Schwingungen anwendbaren, Gesetze auf die Art Schwingungen, welche zu den Versuchen zugezogen sind, keine hinreichende Anwendung finden, oder es müsste in den vorigen Grundansichten über das Mass der psychophysischen Thätigkeit etwas geändert werden, was mir nicht beifällt, was aber doch die Triftigkeit des Weberschen Gesetzes für den Fall der Constanz von n bei Constanz von a bestehen liesse.

XXI. Resumé.

1) Gegen das, von mir in den Elem. der Psychophysik aufgestellte Princip des Empfindungsmasses auf Grund der functionellen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize ist, meines Wissens wenigstens, bis jetzt kein ausdrücklicher principieller Einwand erhoben worden; aber die Einwürfe beginnen mit der Frage, welches Gesetz der Abhängigkeit dabei zu Grunde gelegt werden soll, indem sich je nach Beschaffenheit desselben das Mass selbst ändern muss, und setzen sich zu der Frage fort, ob die aus Versuchen (in der äussern Psychophysik) erschliessbare Abhängigkeit der Empfindung vom Reize in eine entsprechende Abhängigkeit der Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit (für die innere Psychophysik) übersetzbar sei (Abschn. I.).

2) Von mir selbst ist in erster Beziehung nach fremden und eigenen Experimentaluntersuchungen für die Abhängigkeit der Empfindungsunterschiede vom relativen Reizunterschiede das Webersche Gesetz (S. 8) zu Grunde gelegt und daraus unter Zuziehung des Schwellengesetzes (S. 7) für die Abhängigkeit der Empfindung selbst vom Reize das logarithmische Massgesetz (S. 8) mit noch einigen andern Folgegesetzen in mathematischem Wege abgeleitet worden, jedoch unter Zugeständniss, dass erstres Gesetz, das Webersche, sich experimental (also bezüglich äusserer Reize) nur approximativ und in gewissen Grenzen, namentlich in den Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches, bestätige, auch nicht für das ganze, von der Psychophysik ins Auge zu fassende, Gebiet unbeschränkte Anwendung finde.

3) Unter solchem Zugeständniss habe ich in den Abschnitten XVI. XVII. und XVIII. die Bewährungen vorgeführt, die sich namentlich bezüglich der Empfindung von Unterschieden der Lichtstärke, Tonstärke, Gewichtsgrösse und Stärke von Geschmacksreizen bisher bezüglich des Weberschen Gesetzes ergeben haben. Die Versuche von Helmholtz und Aubert (S. 150) lassen zwar die Approximation des Weberschen Gesetzes im Gebiete der Lichtempfindung nicht so gross erscheinen, als sie nach frühern Versuchen Andrer erschien, heben sie aber nicht auf, und die Versuche Delboeufs (Abschn. XVII.) und Dobrowolskys (S. 159) gewähren um so schönere Bestätigungen des Gesetzes in diesem

Gebiete, indess Herings Gewichtsversuche (Abschn. XVIII), obwohl von ihm selbst gegen das Gesetz geltend gemacht, sich unter den erforderlichen Rücksichtsnahmen mit meinen frühern zur Unterstützung des Gesetzes vereinigen, nicht minder Kepplers Geschmacksversuche (S. 161), richtig discutirt, zu Gunsten desselben sprechen.

4) Es kann aber das Webersche Gesetz in einer gewissen Allgemeinheit und Sicherheit überhaupt nur auf Intensitätsunterschiede der Empfindung bezogen werden, sofern sich extensive Raumempfindungen demselben nur unter einer gewissen hypothetischen Voraussetzung (S. 60 ff.) unterordnen lassen, und extensive Zeitempfindungen zwar eine Annäherung daran, aber mit sehr starker unterer Abweichung davon darbieten (S. 174 ff.). Dass das Webersche Gesetz nicht auf Farbenunterschiede anwendbar sei, ist schon in den Elementen zugestanden und stellt sich um so bestimmter aus den neuen Versuchen von Lamansky und Dobrowolsky heraus (S. 166), indess die neuern Versuche Preyers dasselbe, entgegen der bisherigen Annahme, auch auf Tonhöhenunterschiede unanwendbar erscheinen lassen (S. 168). Ob es bezüglich der, von Amplitude a und Schwingungszahl n zugleich abhängigen Gesammtstärke der Empfindung zutreffe, bleibt noch in Frage, indem die bisherigen Bewährungen sich wesentlich nur auf Aenderungen von a bei Constanz von n bezogen haben (S. 170 und Abschn. XIX.).

5) Nach Allem bleibt eben so gewiss, dass das Webersche Gesetz mit seinen Folgegesetzen innerhalb gewisser Grenzen, in einer Mehrheit von Empfindungsgebieten, einen nützlichen Anhalt zur Beurtheilung von Massverhältnissen der Empfindung auf Grund ihrer Abhängigkeit vom Reize gewähren kann, als dass es keinen solchen über gewisse Grenzen hinaus und in Anwendung auf jedwedes Gebiet gewähren kann. Hierüber sollte eigentlich kein Streit sein, wenn schon sich der Streit hierauf erstreckt hat. Man kann nur über den Grad und die Grenzen der experimentalen Approximation des Gesetzes und die Gründe seiner Abweichungen streiten, ohne weder jene noch diese in Abrede stellen zu können.

6) Dass das Webersche Gesetz unrichtig aus den Thatsachen gefolgert sei, und dass aus demselben eine verwirrte Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt hervorgehen würde, wie insbe-

sondere von Hering behauptet wird, ist eben so wenig zuzugestehen (Abschn. V. und VII.), als den Einwürfen Recht zu geben, welche gegen die negativen Empfindungswerthe, zu denen die Massformel führt, oder gegen meine Deutung derselben, insbesondere von Delboeuf und Langer erhoben worden sind (Abschn. X.).

7) Es beruht aber das Interesse der Kenntniss eines functionellen Verhältnisses zwischen Reiz und Empfindung keineswegs allein auf der Verwendbarkeit desselben zu einem Masse der Empfindung, sondern ein viel tiefer gehendes, in die allgemeinere Lehre der Beziehungen zwischen Leib und Seele eingreifendes, Interesse knüpft sich an die zweite Hauptfrage (S. 211), insofern die, aus Versuchen geschöpfte, Kenntniss dieses Verhältnisses Anhalt zu Schlüssen über das functionelle Verhältniss zwischen der Empfindung und der, ihr unmittelbar unterliegenden, psychophysischen Thätigkeit, hiemit über die fundamentale Abhängigkeit des Psychischen vom Physischen, giebt.

8) Ich selbst nun nehme an, dass nicht nur das Schwellengesetz aus der äusseren Psychophysik in die innere übertragbar sei, sondern auch dass die für die äussere Psychophysik, d. i. für die Beziehung zwischen äusserem Reiz und Empfindung nur approximativ und in gewissen Grenzen sich haltende, Gültigkeit des Weberschen Gesetzes und des aus ihm und dem Schwellengesetze folgenden Massgesetzes auf eine genaue und unbeschränkte Gültigkeit derselben in der innern Psychophysik, d. h. für die Beziehung der Empfindung zu der ihr unmittelbar unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, hinweise, mithin die Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit von der psychophysischen Thätigkeit stehe, die experimentalen Abweichungen aber auf Ursachen beruhen, welche der Proportionalität der innern psychophysischen Thätigkeit mit dem Reize um so mehr Abbruch thun, je höher der Reiz über mittlere Grenzen ansteigt, oder je tiefer er darunter sinkt (Abschnitt V.). Entgegen steht (Seitens Mach, Hering u. a.) die Ansicht, dass die Empfindung vielmehr in einfachem Verhältnisse von der psychophysischen Thätigkeit abhänge, und dass die experimentale Approximation an das Webersche Gesetz vielmehr davon abhänge, dass in denselben Grenzen, in denen sich das Gesetz approximativ bestätigt, die psychophysische Thätigkeit approximativ in logarithmischem Verhältnisse vom Reize abhängig sei (S. 71 ff.). Ich habe (im Abschn. VIII.) die Gründe angegeben,

welche mich die erste Auffassung entschieden vorziehen lassen, ohne jedoch zu glauben, dass der Streit damit abgethan sei.

9) Je nach der einen oder andern der beiden vorigen Annahmen muss sich die ganze innere Psychophysik verschieden gestalten, und insbesondere kommt in Rücksicht, dass mit der Annahme einer einfachen Proportionalität zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit, womit eine innere Schwelle wegfällt, eine angemessene Repräsentation des unbewussten Seelenlebens fehlen würde. Die Wichtigkeit der Frage nach der Uebertragbarkeit der Schwelle ins Innere aus diesem Gesichtspuncte ist S. 70 und 85 besprochen, und die factischen Gründe, welche für diese Uebertragbarkeit sprechen, sind im Abschn. IX. geltend gemacht.

10) Es fragt sich noch, wie das Grundmass der psychophysischen Thätigkeit zu bestimmen sei. Im Abschn. XX. ist gezeigt worden, dass, wenn man dafür die lebendige Kraft der Bewegung nimmt, unter Voraussetzung der Gültigkeit unsrer Formeln auch die einfache Geschwindigkeit dafür substituirt werden kann. Aber möglicherweise sind die psychischen Thätigkeiten fundamental vielmehr von den Aenderungen der Geschwindigkeit als der einfachen Geschwindigkeit im Sinne unsrer Formeln abhängig zu machen, in welchem Falle Betrachtungen eintreten, die im XX. Abschnitt zur Geltung gebracht sind, wonach die letztre Ansicht überwiegende Wahrscheinlichkeit hat.

11) Zwischen der Oscillationshypothese und chemischen Hypothese der psychophysischen Thätigkeit besteht an sich kein Widerspruch, nur dass ich (anders als Hering) im chemischen Processe blos den Vermittler von Oscillationen sehen kann, von welchen die Empfindungen selbst abhängig zu machen (Abschn. XIII.). — Die Differenzansicht der Empfindungen, wonach eine Empfindung blos im Unterschiede von andern Empfindungen bestehen kann, vermag ich nicht zu theilen (Abschn. XII.).

12) An Stelle der, von mir aufgestellten, psychophysischen Gesetze und Formeln sind von Helmholtz, Aubert, Bernstein, Plateau, Brentano, Delboeuf, Hering, Langer andere aufgestellt worden, welche jedoch, allgemein gesprochen, noch weniger unter sich als mit den meinigen stimmen. Helmholtzs Formeln sind im Grunde nur eine Erweiterung der meinigen, sofern sie die obere Abweichung vom Weberschen Gesetze in sich aufnehmen (S. 17); das von Aubert aufgestellte Gesetz wird

von ihm selbst nur als in gewissen Grenzen approximativ zutreffend gefunden (S. 18), und beider Formeln können nur für die äussere Psychophysik in Anspruch genommen werden. Die, wesentlich unter einander übereinkommenden, Gesetze, welche von Plateau und Brentano aufgestellt sind, zeigen sich schon dadurch mangelhaft, dass sie dem Schwellengesetze nicht Raum geben, und erledigen sich nach Plateaus eigenem Zugeständniss dadurch, dass sie durch Delboeufs Versuche keine Bestätigung gefunden haben (S. 21 ff. und 24 ff.). Die Formeln Langers weichen von den meinigen aus Gesichtspuncten ab, die ich nach S. 37 ff. und 96 ff. weder theoretisch noch empirisch hinreichend begründet finden kann. Die weiteste Entwicklung Seitens ihrer Autoren haben bisher die von den meinigen fundamental abweichenden Grundansichten von Bernstein, Delboeuf und Hering gefunden. Die Darstellung dieser Ansichten mit meinen Gegengründen dagegen findet sich bezüglich Bernstein S. 20 und Abschn. XV., bezüglich Delboeuf S. 27 ff. und bezüglich Hering S. 35 f. und Abschn. XIV.

XXII. Nachwort.

Der babylonische Thurm wurde nicht vollendet, weil die Werkleute sich nicht verständigen konnten, wie sie ihn bauen sollten; mein psychophysisches Bauwerk dürfte bestehen bleiben, weil die Werkleute sich nicht werden verständigen können, wie sie es einreissen sollen.

XXIII. Einige Berichtigungen zu den Elementen der Psychophysik.

1) Von nicht angezeigten Druckfehlern oder Versehen habe ich nachträglich folgende zu berichtigen.

Th. I. S. 166 Z. 8 v. u. st. grüne l. graue.
» 186 in der Tabelle II., erste Col. l. 1500 st. 1800.
» 192 » 20 v. o. nach »Reihe« schalte ein »folgender Seite«.
» 221 » 12 v. o. st. $\mu = 1$ l. $\mu = 4$.
» 221 » 4 v. u. st. 2908,5 l. 2998,2.
» 221 » 5 v. u. st. 1479,3 l. 1563,0.
Th. II. » 166 » 8 v. u. st. an^2 l. a^2n.
» 228 » 7 v. u. die beiden Glieder des Ausdruckes für S_t sind noch mit ∂t zu multipliciren.
» 281 » 21 v. o. nach »Uebereinstimmenden« schalte ein »und Verschiedenen«.
» 283 » 14 v. o. st. wie l. was.
» 283 » 5 v. u. st. auch l. nach.
» 330 » 12 v. u. st. manche l. mehr.
» 347 » 17 v. u. st. 141 l. 140.
» 357 » 14 v. o. st. ε' l. $\varepsilon_,$.
» 360 » 19 v. o. st. 2,728 l. 2,718.
» 374 » 9 v. u. st. $S\varDelta$ l. $\Sigma\varDelta$, st. $\Sigma\varDelta$ l. $S\varDelta$.
» 567 » 10 v. u. st. von γ l. der Empfindlichkeit.

2) In den Formeln der 3 ersten Zeilen II. 213 fehlt vor $G \cos\frac{2\pi t}{\tau}$ der Factor $\frac{2\pi}{\tau}$, und $\mathfrak{v}$ hat statt eines endlichen Werthes einen Nullwerth. Auf das Folgende haben diese Versehen keinen Einfluss.

3) Die, in Th. I. 126, II. 368 angegebene Correction von ε oder $\frac{\Sigma\varDelta}{m}$ durch $\frac{\pi m}{\pi m - 1}$ ist (trotz der Controle durch einen Fachmathematiker) unrichtig abgeleitet und factisch unrichtig; es muss vielmehr dafür stehen $\sqrt{\frac{m}{m-1}}$, oder bei nicht gar zu kleinem m

merklich übereinstimmend damit $\frac{2m}{2m-1}$. Entscheidend dafür sind die Erörterungen und Beobachtungen, die ich später in den Berichten der sächs. Soc. 1861 p. 57 ff. mitgetheilt habe, wozu ich als bestätigend noch die seitdem unternommene Untersuchung anderer Beobachtungsreihen fügen könnte.

Es kann aber eine Beobachtungsreihe bei Fractionirung auf verschiedenes m überhaupt nur in sofern durch einen Correctionsfactor auf übereinstimmende Werthe von $\Sigma\Delta$ gebracht werden, als der sog. constante Fehler der Fractionen nur innerhalb der Grenzen der Zufälligkeit variirt, welcher Bedingung z. B. die, auf eine sehr grosse Zeit ausgedehnte, Tastreihe in Elem. II. p. 358 nach Untersuchung der Fractionen nicht entspricht.

An obigem Orte (in den Berichten) p. 93 ff. habe ich gezeigt, dass auch die in den Elem. II. 373 angegebene Correction wegen der Grösse der Intervalle unrichtig ist. Die dafür dort substituirte ist zwar an sich richtig, aber bei näherer Ueberlegung habe ich mich überzeugt, dass sie nicht allgemein genug ist, indem sie blos für den Fall gilt, dass der Mittelwerth der Beobachtungswerthe mit dem Anfange oder Ende einer Abtheilung zusammenfällt; fällt er mit der Mitte einer solchen zusammen, so hat die Correction sogar das entgegengesetzte Vorzeichen, als der vorigen Lage entspricht; und wenn schon sich die Correction für alle Lagen unter einen allgemeinen Ausdruck fassen lässt, habe ich doch keine praktisch verwerthbare einfache Correction daraus abzuleiten vermocht, so dass bis jetzt nichts übrig bleiben dürfte, als die Intervalle der Eintheilung klein genug zu nehmen, um eine Correction desshalb vernachlässigen zu können.

4) Die Tabellen über Tastversuche an der Stirn, in Elem. II. p. 354, leiden an mehreren kleinen Rechenversehen, die zwar auf die Verwerthung der Tabellen keinen wesentlichen Einfluss haben, die man jedoch in folgender Wiedergabe der Tabellen berichtigt findet.

$\Sigma\Delta$ ($m = 10$, $\mu = 5$)

D	15	20	25	30	35	40	45	50	60
I. L	32,3	43,4	46,6	62,0	42,7	47,1	49,2	50,3	(77,6)
I . R	31,9	40,2	50,9	40,8	44,6	41,5	48,3	48,1	(73,2)
	64,2	83,6	97,5	102,8	87,3	88,6	97,5	98,4	150,8

				c					
D	15	20	25	30	35	40	45	50	60
I. L	+ 0,90	+ 1,20	+ 0,92	+ 0,85	+ 1,12	+ 1,14	+ 0,61	+ 0,48	(+ 0,49)
I. R	+ 0,11	+ 0,36	+ 0,24	+ 0,42	+ 0,27	—0,10	+ 0,10	+ 0,20	(+ 0,17)

Hienach sind auch die aus den Tabellen berechneten Werthe ε, ε', q und p zu corrigiren.

5) Der in Elem. II. 360 angegebene Werth für ein aus endlichem m abgeleitetes $\mathfrak{P}$ beruht auf falscher theoretischer Voraussetzung, und man hat vielmehr nach einer, im Jubelbande der Poggend. Ann. p. 66 ff. von mir geführten, theoretischen und experimentalen Untersuchung

$$\mathfrak{P} = \frac{2m\Sigma(\Delta)^2}{(\Sigma\Delta)^2} = \frac{2\pi(m-1)}{2m+\pi-4}$$

welcher Werth für $m = \infty$ in π, für $m = 2$ in 2 übergeht. Letztrer Werth lässt sich a priori finden, sofern für $m = 2$ nothwendig beide Δ einander gleich, mithin $(\Sigma\Delta)^2 = 2\Sigma(\Delta)^2$ ist. Für Zwischenwerthe von m zwischen 2 und ∞ habe ich a. a. O. (p. 81) experimentale Bestimmungen von $\frac{\Sigma(\Delta)^2}{(\Sigma\Delta)^2}$, dort mit $\frac{C}{B}$ bezeichnet, gegeben, welche mit der Theorie ganz stimmen.

6) In Elem. II. 461. 462 habe ich die Träume unter den Gesichtspunct gebracht, dass die ganze Hauptwelle oder Totalwelle des Bewusstseins im Schlafe unter ihre Schwelle, die Totalschwelle, sinkt, unterhalb dieser Schwelle aber doch Oberwellen, die ihre eigene Schwelle übersteigen, auf der niedrigen Unterwelle spielen. Diess ist unstreitig nicht triftig, sofern mit dem Sinken der Totalwelle unter die Totalschwelle das Bewusstsein überhaupt erlöschen muss, Träume aber sind noch Bewusstseinsphänomene. Richtiger wird es sein, zu sagen, dass bei Träumen die Unterwelle als Träger der willkührlich verlegbaren Aufmerksamkeit unter ihrer Schwelle ist, indem es angemessen scheint, derselben eben so wie den Oberwellen eine Schwelle zuzugestehen; während zugleich die Oberwellen, als Träger der Traumvorstellungen, noch hoch genug gehen, dass die Totalwelle über die Totalschwelle hinausragt. — In den Elem. II. 459 ist zwar die Höhe der, in einem Gebiete thätigen, Aufmerksamkeit vielmehr auf die Höhe der Totalwelle als der Unterwelle insbesondere bezogen; letzres aber erscheint angemessener.

Wenn man, um einen bestimmten Anhalt in der Wirklichkeit für die ganze, im 42. Abschn. der Elemente eingeführte, schematische Vorstellungsweise zu haben, die Zusammensetzung der Unterwelle mit Oberwellen zu einer Totalwelle mit der Zusammensetzung einer periodischen Bewegung von grosser Periode mit periodischen Bewegungen von kleiner Periode vergleicht, so darf man dabei doch nicht vergessen, dass, was im Schema als Höhe der Unterwelle und Oberwelle sich zur Höhe der Totalwelle zusammensetzt, nicht auf Höhenwerthe, respectiv Senkungen, von Ordinaten der Gestalt von Wellen zu beziehen ist, sondern eben blos schematisch Grössen der lebendigen Kraft, mit der sich die periodischen Bewegungen vollziehen, ausdrückt (insofern man das Mass der psychophysischen Thätigkeit in lebendiger Kraft suchen will); die lebendigen Kräfte zweier periodischen Bewegungen von ungleicher Periode summiren sich aber (s. Grailich in den Wiener Sitzungsber. 1854), und so sind in der That die Oberwellen als Wellenberge blos erhoben über der Unterwelle, nicht aber in sie mit Vertiefungen eingreifend vorzustellen, indess sie oberhalb der Unterwelle unter ihre eigene Schwelle sinken können. Auch diese Verhältnisse sind in Elem. II. 456f. nicht klar und hiemit nicht triftig dargestellt, ohne dass jedoch die Folgerungen, die an das Wellenschema geknüpft sind, in wesentlichen Puncten von dieser Untriftigkeit betroffen werden.

XXIV. Namenregister.

